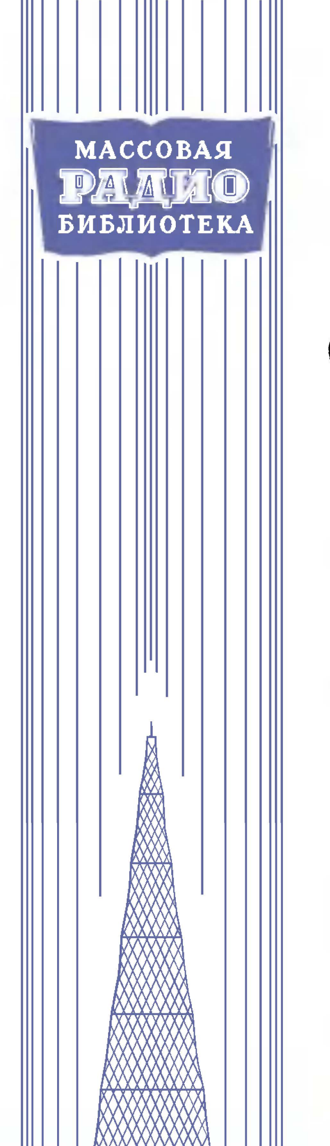
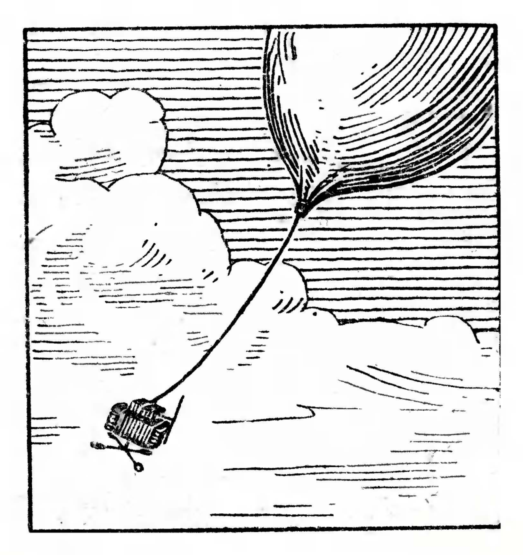


В. С. ХАХАЛИН

СОВРЕМЕННЫЕ РАДИОЗОНДЫ





ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 354

В. С. ХАХАЛИН

СОВРЕМЕННЫЕ РАДИОЗОНДЫ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1959 ЛЕНИНГРАД

В брошюре приводятся основные сведения об атмосфере и методах ее исследования, кратко описывается наиболее совершенный из них — метод радиозондов. Рассматриваются также привившиеся в радиозондировании разные способы телеизмерений и даются описания существующих конструкций современных отечественных и зарубежных радиозондов.

Брошюра рассчитана на радиолюбителей и широкие круги читателей, интересующихся новой техникой.

Автор *Хахалин Виктор Степанович*

СОВРЕМЕННЫЕ РАДИОЗОНДЫ

* * *

Редактор *Ф. И. Тарасов* Техн. ред. *П. М. Асанов* и *Г. Е. Ларионов*

Сдано в произ-во 29/VIII 1959 г. Подписано к печати 12/XI 1959 г.
Формат бумаги 84×108 1/32 3,28 печ л. 3,5 уч.-изд л.
Т-12193 Тираж 27 000 экз. Цена 1 р. 40 к. Заказ 451

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10

ПРЕДИСЛОВИЕ

В непрестанно расширяющемся перечне применений радиотехники и радиоэлектроники в народном хозяйстве радиозондирование давно уже является той областью, в которой радиотехнические методы не только используются в готовом виде, но и создаются новые их разновидности, с успехом применяемые в других областях науки и техники. Искусственные спутники Земли и искусственная планета солнечной системы являются ярким примером плодотворного развития радиотелеметрии, зародившейся одновременно с возникновением радиозондирования в качестве его основной черты.

В наши дни радиозондирование является важнейшим методом изучения и постоянного контроля состояния атмосферы. Масштабы применения радиозондов иллюстрируются тем, что во всем мире строго регулярно в стандартные сроки ежесуточно поднимаются в стратосферу тысячи радиозондов, подготовкой которых и использованием заняты многие десятки тысяч квалифицированных специалистов.

В брошюре приводятся основные сведения о принципах устройства и некоторых конструктивных деталях радиозондов, а также о задачах дальнейшего совершенствования этих приборов, составляющих ныне в арсенале средств геофизических исследований и наблюдений достаточно обширную группу специализированных измерительных приборов высокой точности. В начале брошюры содержатся краткие сведения от атмосфере, а также о возникновении и первых годах развития детища отечественной науки — метода радиозондов, а в конце ее говорится о перспективах развития этого метода.

Брошюра рассчитана на радиолюбителей, а также на широкие слои советской интеллигенции, все более глубоко интересующиеся новой техникой во всей многогранности ее существования и совершенствования.

ВВЕДЕНИЕ

Радиозондами в аэрологии называют приборы, выпускаемые в свободный вертикальный полет подвешенными к тонкостенным хорошо растягивающимся резиновым оболочкам, наполненным водородом. Они служат для измерений основных метеорологических величин, характеризующих физическое состояние атмосферы до высот 30—35 *км* Аэрология — это особый раздел метеорологии, специализированный в области изучения свободной атмосферы.

Метеорологическими характеристиками свободной атмосферы являются температура, давление и относительная влажность воздуха, скорость и направление ветра, восходящие и нисходящие воздушные потоки, вихревые образования разных масштабов, взвешенные частицы, образующие облака и туманы, пылевые частицы, осадки в виде дождя, снега, града, электростатические поля, скопления свободных ионов, радиоактивность и т. д.

В первых пяти величинах этого перечня заключены наиболее важные, основные сведения о состоянии атмосферы и именно они и определяются для различных высот при каждом радиозондировании. По этим данным строятся необходимые для работы метеорологов высотные карты погоды, определяются возможность и наилучшие условия полета самолетов и пр.

Атмосфера является газовой оболочкой Земли Вся солнечная радиация, заключающая в себе огромные количества энергии, прежде чем упасть на земную поверхность, пронизывает толщу атмосферы и при этом частично ею поглощается, повышая температуру воздуха. Отраженная земной поверхностью и облаками часть солнечной радиации, а также собственное тепловое излучение Земли, направленные в мировое пространство, вновь пронизывают атмосферу и в какой-то степени увеличивают ее тепловую

энергию за счет некоторого нового поглощения. Помимо этого, воздух, непосредственно соприкасающийся с земной поверхностью, находится с нею в постоянном контактном теплообмене.

Поглощаемая атмосферой энергия частично преобразуется в энергию ветра, частично расходуется на испарение воды облачных капель, а также рассеивается в виде вторичного теплового излучения, отчасти тоже уходящего в мировое пространство.

Таким образом, в атмосфере непрерывно совершаются сложные изменения ее физического состояния в более или менее обширных областях· ведь если подул ветер, то он дует и там, откуда приходит, и там, куда направлен. Атмосфера, как это подтверждено полетами искусственных спутников Земли, простирается на тысячи километров от земной поверхности. Однако нижележащие слои атмосферы так сильно спрессованы вышерасположенными, что 50% всей ее массы оказывается сосредоточенной в нижнем 5-километровом слое По этой же причине воздух выше 35 *км* настолько разрежен, что если бы весь его (вплоть до космического пространства) собрать и привести к земной поверхности под нормальным давлением, то образовался бы слой толщиной всего лишь около 40 *м*.

Масса этого слоя составила бы 0,5% всей массы атмосферы Полная масса атмосферы огромна, но ее легко определить, вспомнив, что над каждым квадратным сантиметром земной поверхности имеется столб воздуха, весящий около 1 *кг*. Основанные на этом несложные вычисления показывают, что все вещество атмосферы имеет массу около $0{,}5\ 10^{16}$ *т*.

Такое количество материи, активно участвующее в процессах энергообмена нашей планеты с Космосом, служит колоссальным аккумулятором тепла, наличием которого определяется большинство наблюдаемых на всем земном шаре явлений погоды и климата. Аккумулятор этот действует непрерывно: он «заряжается» на стороне, освещенной Солнцем, и «разряжается» на ночной стороне земного шара. Таким образом, довольно быстрые изменения физических характеристик являются естественным свойством атмосферы и ее нельзя изучать так же, как изучают, например, земную кору, неизмеримо более устойчивую и постоянную. В земной коре достаточно пробурить глубокие скважины, чтобы получить совершенно ясную картину ее вертикальной структуры, включая и температурный ре-

жим. Вертикальное же строение атмосферы, как показывает опыт, может существенно изменяться даже в течение нескольких часов. Поэтому для минимальной осведомленности о действительном состоянии атмосферы современная наука заставляет зондировать ее не реже, чем 2 раза в сутки до высот, простирающихся не менее, чем на 95% всей массы атмосферы.

Специальными исследованиями изменчивости атмосферных характеристик во времени и пространстве установлено, что для полноты представлений о состоянии атмосферы над обширными областями суши желательно производить даже четырехкратные ежесуточные вертикальные разрезы атмосферы на сети пунктов аэрологических наблюдений, расположенных не далее 250—300 *км* друг от друга, причем сеть эту допустимо делать более редкой лишь на больших участках территории с однородным характером поверхности (равнинный рельеф) и на просторах вод морей и океанов.

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ СВОБОДНОЙ АТМОСФЕРЫ

До появления радиозондов основным инструментом исследования свободной атмосферы служил комбинированный метеорологический самопищущий прибор — метеорограф.

На рис. 1 представлена типичная схема устройства метеорографа. Прибор состоит из барабана *1*, медленно вращаемого заключенным в нем часовым механизмом, биметаллического термометра *2* в виде скобы, деформирующейся с изменениями температуры и воздействующей при этом на положение стрелки температуры *3*, анероидной коробки *4*, расширение которой в разреженном воздухе перемещает стрелку давления *5*, и пучка обезжиренных

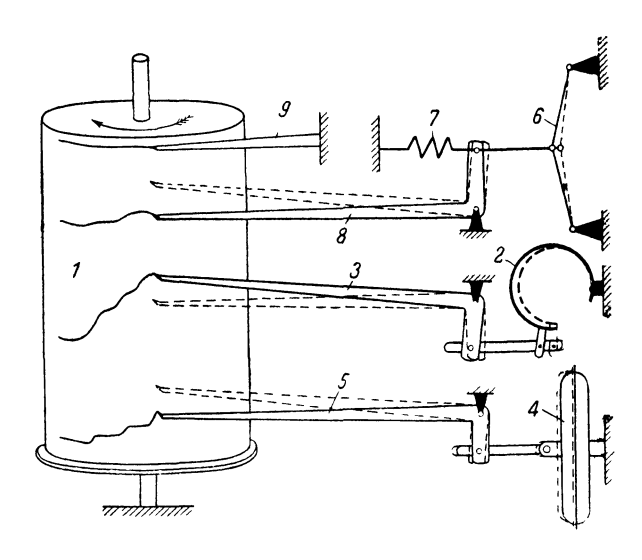


Рис. 1. Устройство метеорографа.

человеческих волос *6*, обладающих свойством реагировать на изменения относительной влажности воздуха изменениями своей длины. Оттягиваемый за середину пружиной *7* при посредстве стрелки влажности *8* этот пучок, являющийся волосным гигрометром, обеспечивает нужные для регистрации влажности движения конца стрелки относительно барабана. Цилиндрическая поверхность последнего обычно обтянута закопченной фольгой, по слою копоти которой все указатели прочерчивают хорошо различимые тонкие блестящие линии.

Фольга с произведенной записью называется метеорограммой. Слой копоти закрепляют пропиткой его слабым раствором шеллака (или канифоли) в спирте с последующим высушиванием. После этого с метеорограммой можно обращаться без риска испортить запись. Отсчеты значений метеорологических величин, зафиксированных на метеорограмме, производятся по расстояниям точек соответствующих кривых до параллельной краю метеорограммы прямей «фикс-линии», прочерчиваемой при вращении барабана неподвижным фикс-указателем *9*.

Расшифровка этих отсчетов производится с помощью тарировочных графиков метеорографа. Для построения таких графиков метеорограф тарируют по всем метеорологическим элементам. С целью получения тарировочных данных по температуре, например, биметаллический термометр метеорографа погружают в охлажденный спирт, температура которого измеряется точным эталонным термометром. График давления получают, помещая метеорограф в барокамеру с вакуум-насосом, обеспечивающим необходимые разрежения, контролируемые точным вакуумметром (в метеорологической практике вакуумметры называют манометрами). Тарировка по элементу влажности производится с помощью гигростата — специальной камеры с регулируемой и точно измеряемой относительной влажностью воздуха. В гигростат метеорограф, так же как и в барокамеру, помещают целиком.

С помощью подобных метеорографов, поднимаемых на воздушных змеях, свободных аэростатах и змейковых аэростатах, были выявлены многие основные закономерности, определяющие состояние атмосферы на разных высотах Специально созданные легкие (весом около 100—150 *г*) зондовые метеорографы на рубеже XIX и XX вв позволили обнаружить существование и начать изучение особенностей нижней стратосферы

С развитием авиации метеорографы стали применять и при самолетных подъемах, однако все эти методы были не пригодны для организации широко поставленных аэрологических наблюдений из-за незначительности достигаемых высот, дороговизны частых повторений подъемов в большом числе пунктов и невозможности обеспечить надлежащую регулярность зондирования из-за погодных условий, ограничивающих применимость подъемных средств.

Метод зондовых метеорографов, например, по своей высотности и независимости от условий погоды на земле (зондовые метеорографы можно выпускать при туманах, осадках, сильных ветрах и т. д., когда применение аэростатов, змеев и самолетов исключено) был бы более пригодным, но элемент случайности в получении результатов зондирования препятствовал его применению в оперативных целях: выпущенный зондовый метеорограф надо обязательно сначала найти, а потом уже от него могут быть получены содержащиеся в его записях сведения.

Положение резко изменилось с изобретением метода радиозондов Честь подарить миру этот замечательный метод, явившийся поворотным пунктом в развитии не только аэрологии и специальной науки о погоде — синоптической метеорологии, но и объемлющей их науки — геофизики — выпала на долю советских ученых.

Автором метода радиозондов был известный своими многими фундаментальными работами в области аэрологических исследований ленинградский ученый, проф П. А. Молчанов. Он предложил дополнить зондовые метеорографы автоматическим устройством, преобразующим их показания в радиосигналы, которые могли бы быть приняты в пункте выпуска во время полета прибора. Это избавляло от необходимости ждать возврата зондирующего прибора, к тому же часто пропадающего без вести Реализация идеи автоматизированного и оборудованного крохотным радиопередатчиком метеорографа, названного впоследствии радиозондом, осложнялось полным отсутствием опыта дистанционных измерений по радио во всем мире, но, несмотря на все трудности, такой прибор был создан.

Выпуск первого в мире радиозонда, оказавшегося вместе с тем вообще первым в мире радиотелеметрическим прибором, состоялся 30 января 1930 г. Радиосигналы были отчетливо слышны более получаса и по ним удалось установить существовавшее во время подъема распределе-

ние температуры воздуха вдоль всей траектории полета радиозонда до высоты около 8,5 *км*, причем точность измерений оказалась вполне сопоставимой с точностью зондового метеорографа, а в отдельные моменты явно ее превосходила Это было огромной победой не только небольшого коллектива энтузиастов нового метода, руководимого П А Молчановым, но победой всей отечественной и мировой аэрологической науки

Следует заметить, что выпуск радиозонда и прием его сигналов являются лишь частью общего комплекса всех действий, составляющих процесс радиозондирования Изготовленный радиозонд подобно метеорографу сначала тарируют по температуре, давлению и влажности, после чего снабжают его тарировочными графиками по этим метеорологическим элементам Однако пользоваться такими графиками для определения с наибольшей точностью значений метеорологических величин по принятым сигналам радиозонда можно лишь в том случае, если перед выпуском прибора была произведена привязка показаний всех его датчиков к наземным значениям температуры, давления и влажности воздуха, измеренным станционными метеорологическими приборами Это достигается так называемой «выдержкой» радиозонда перед выпуском Подобную подготовку приходится производить во всех случаях измерений, когда пользуются не абсолютными, а относительными измерительными приборами Вспомним, что электротехнические приборы в подавляющем большинстве являются именно относительными приборами и доверять их показаниям можно лишь в том случае, если они должным образом подготовлены к измерениям Подготовка к измерениям вольтметра или миллиамперметра, например, состоит в корректировке нулевого положения стрелки, для чего у этих приборов имеются специальные нуль-корректоры Можно, однако, вместо установки стрелки на нуль отсчитать величину ее отклонения от нуля при отсутствии тока и на эту величину исправлять измеренные значения напряжений или токов Аналогичным образом данные выдержек используются для увеличения точности измерений и в радиозондировании либо по этим данным корректируют положения стрелок датчиков, либо учитывают замеченные расхождения при переводе принятых сигналов радиозонда в значения метеорологических элементов во время обработки данных выполненного радиозондирования

Метод радиозондов быстро завоевал признание во всем

мире. Когда в Советском Союзе повторные выпуски радиозондов начали становиться уже обычным явлением, стали поступать сообщения и о первых успешных выпусках радиозондов за рубежом.

В различных странах мира вскоре также были разработаны некоторые разновидности принципиальных схем телеизмерений и построены радиозонды, во многих случаях с использованием ранее опубликованных по этому вопросу предложений П. А. Молчанова, а также одного из способных его сотрудников Б. М. Лебедева, изобретателя «коммутаторного» принципа шифрования метеорологических данных.

В наши дни во всем мире ежедневно взлетают в стратосферные высоты тысячи радиозондов. В одном только СССР ежесуточно выпускается свыше 500 радиозондов, а в Центральный институт прогнозов соответственно как от наших аэрологических станций, так и из-за рубежа поступают телеграммы с результатами радиозондирования. Этих телеграмм с одного только северного полушария регулярно поступает от 1 000 до 1 200 в день.

Современное радиозондирование заметно отличается от радиозондирования 30-х годов, что связано с быстрым прогрессом науки и техники.

Возникновение и развитие новой отрасли радиотехники—радиолокации позволило существенно дополнить комплекс получаемых от одного подъема радиозонда сведений также и ветровыми характеристиками атмосферы. Импульсная и сверхвысокочастотная техника позволила создать аппаратуру для определения угловых координат летящего радиозонда и измерений наклонной дальности на расстояниях до 150—200 *км*. Наряду с механическими системами кодирования в радиозондах все шире используются электронные схемы, преобразующие показания метеорологических датчиков в радиосигналы, а также разрабатываются устройства для автоматической регистрации и расшифровки сигналов радиозонда в пункте приема с помощью наземной электронно-счетной аппаратуры.

Зародившаяся одновременно с радиозондами радиотелеметрия нашла свое высшее воплощение в радиооборудовании искусственных спутников Земли и искусственной планеты. По принципу измерений, результаты которых немедленно автоматически передаются на землю, искусственные спутники Земли и лунные ракеты нельзя не признать прямыми потомками первого в мире радиозонда.

Радиозонд является прибором разового действия, поскольку он, как правило, безвозвратно утрачивается при каждом выпуске. Особенности требований к этому техническому устройству состоят в том, что оно не должно быть тяжелым и дорогим, но в то же время по точности должно являться первоклассным измерительным прибором. Из сопоставления основных параметров всех радиозондов мира могут быть выведены следующие средние технические их характеристики, отклонения от которых для отдельных конструкций обычно невелики. Давление измеряется от 770 до 5 *мм рт. ст.* с точностью порядка $\pm$ 2 *мм рт. ст*, температура — от + 40 до — 80° С с точностью $\pm$ 1°, а относительная влажность — от 10 до 100% с точностью $\pm$7%. Вес в полной готовности к полету составляет 1—1,5 *кг.*

Нетрудно видеть, что по точности определения отдельных величин (давления, например) радиозонд намного превосходит измерительные приборы первого класса. Вместе с тем следует отметить, что в отличие от других измерительных приборов аналогичной точности (например, хороших вольтметров и амперметров, хороших весов и т. п.), используемых обычно в сухих отапливаемых помещениях, радиозондам приходится зачастую действовать в чрезвычайно неблагоприятных климатических и погодных условиях свободной атмосферы. Учитывая все эти особенности, нужно признать, что, по-видимому, в перечне современных достижений науки и техники в области точного приборостроения радиозондам по праву должно быть отведено далеко не последнее место.

ТЕЛЕМЕТРИЯ В РАДИОЗОНДИРОВАНИИ

В настоящее время известно множество способов автоматической передачи по радио результатов каких-либо наблюдений и измерений. Вспомним хотя бы знаменитые «бип-бип-бип» наших искусственных спутников Земли, в простых сигналах которых различными приемами удалось зашифровать не только многие данные по режиму полета, но и передать с должной точностью сведения об особенностях жизненных функций организма первого в мире космонавта — Лайки.

Несмотря на то, что именно радиозонды породили современную тонкую радиотелеметрию, в самих радиозондах из-за жестких требований дешевизны и экономичности

в энергетическом отношении весь огромный арсенал современных радиотелеметрических приемов почти не используется. В радиозондировании привились лишь следующие основные способы телеизмерений: кодовый, временной и числовой (или число-импульсный). Числовой способ дистанционных измерений, в свою очередь, встречается в вариантах чисто числовом, высокочастотном и низкочастотном. Всего, таким образом, в различных радиозондах применяются пять способов телеизмерения, сущность и основные особенности каждого из которых рассматриваются ниже.

Следует заметить, что во многих случаях в одном и том же радиозонде различные метеорологические величины передаются разными способами. Так, например, в отечественном гребенчатом радиозонде данные давления и температуры передаются кодовым способом, а данные влажности — числовым (в его упрощенном варианте). В современном радиозонде США давление определяется кодовым методом, а температура и влажность — низкочастотным. Вместе с тем существует много приборов и с одним только общим способом телеизмерений для всех метеорологических величин.

В дальнейших описаниях радиозондов встретятся чисто кодовый отечественный радиозонд А-22-Ш, чисто высокочастотные финский и японский приборы и др. Надо заметить, что такое единство стиля прибора по способу телеизмерения вопреки возможным предположениям на этот счет не придает радиозондам каких-либо дополнительных достоинств. Вследствие этого в заданиях на проектирование новых радиозондов требований, направленных к обеспечению единства телеметрии по всем измеряемым вличинам, обычно не выставляется.

Кодовый способ. Кодами называют системы условных сочетаний сигналов или элементарных знаков, употребляемых для передачи сообщений или для приведения в действие каких-либо механизмов и устройств. В простейших случаях кодированные сообщения могут передаваться и одним только сигналом. Коды используются не только в технике, но и в быту. Сложными, но зато весьма универсальными кодами являются, например, всякая письменность, нотная грамота, математическая символика и т. д. Примером примитивного кода можно считать табличку у входной двери: «Петрову — 1 звонок, Иванову — 2 звонка». Всем знакомы фигурки моряков-сигнальщиков, умею-

щих передавать любые сообщения взмахами двух флажков; это тоже код, причем достаточно совершенный.

Обязательным признаком каждого кода является наличие какого-либо контраста. Телеграфный код Морзе состоит из контрастирующих между собой сигналов и пауз. В коде сигнальщиков контрастируют различные положения их флажков.

В радиосвязи необходимые для образования четких знаков кода контрасты могут быть созданы изменениями амплитуды излучаемых колебаний (чаще всего от нуля до максимума), отклонениями несущей частоты или изменениями частоты модуляции. Кодированные передачи удобны для приема на слух, что значительно упрощает оборудование линии радиосвязи. В то же время при надобности прием кодовых сигналов легко и автоматизировать, применяя для их записи, например, ондуляторы, либо пользуясь магнитофонами. В последнее время разработаны электронные пересчетные устройства, автоматически преобразующие принимаемые сигналы кода в цифропечатную либо в ординатную записи.

Кодовый способ в радиозондах может применяться лишь при условии, что измерение передаваемой с его помощью метеолорогической величины производится датчиком механического (деформационного) типа, перемещения указателя (стрелки) которого могут быть легко преобразованы в кодовые знаки. Для измерения температуры, например, кроме биметалла можно применять в радиозондах ртутные термометры и термисторы, но в этих случаях телеизмерение кодовым способом оказывается практически неосуществимым.

Во многих радиозондах мира (в отечественных РЗ-049 и РКЗ-1, в радиозондах США, ГДР и др.) кодовый способ применяется для телеизмерений давления в значительно упрощенной форме, причем обеспечиваются точности, не достижимые при других способах телеизмерений. Пользуясь тем, что при полете радиозонда давление всегда только лишь уменьшается, шкалу датчика давления делают в виде металлической лесенки, заподлицо утопленной в плоском изолирующем основании (рис. 2). Контактный указатель анероидного измерителя давления (барометрического узла или попросту бароузла), скользя по такой шкале, периодически переходит с изолятора на металл и обратно, что позволяет замыканиями и размыканиями цепи манипуляции радиопередатчика создавать простейшие

по смыслу сигналы «замкнуто» и «разомкнуто». Если заранее с помощью тарировочной барокамеры установить, при каких значениях давления воздуха наступает первое замыкание, затем первое размыкание, за ними второе замыкание и т. д., то по этим данным при полете радиозонда можно построить весьма точную кривую изменения давления вдоль всей траектории его подъема.

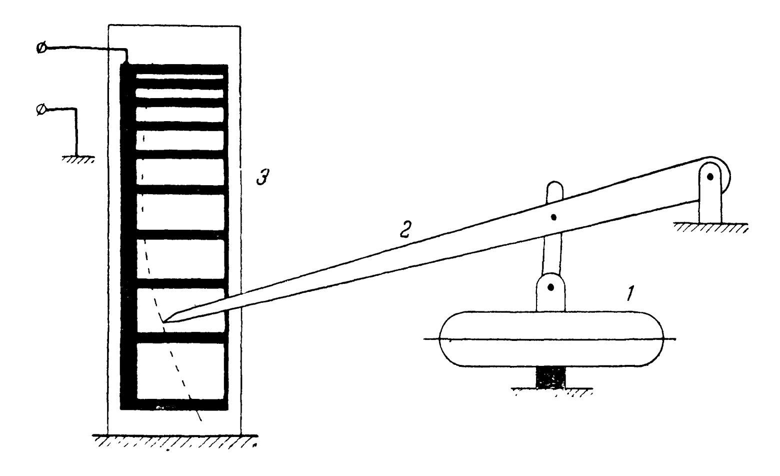


Рис. 2. Устройство барометрического узла радиозонда (бароузла).

1 — анероидная коробка, расширяющаяся при понижении наружного давления; *2* — контактный указатель, скользящий по шкале; *3* — изолирующая пластинка с утопленным в ней металлическим рисунком (шкала).

Температура и относительная влажность воздуха в отличие от давления могут в течение подъема не только уменьшатся, но и возрастать, поэтому описанный простейший вариант кодового устройства во избежание путаницы при толковании принятых сигналов, для этих элементов применять нельзя.

Временной способ. При временном способе телеизмерений определения любых велични осуществляются последовательной передачей двух каких-либо однотипных знаков, причем отрезок времени, ограничиваемый этими знаками, делают пропорциональным передаваемым величинам. Так, например, если бы моряки-сигнальщики захотели для передачи цифр применить временный код, их надо было бы, кроме флажков, вооружить также секундомерами. Желая, скажем, передать цифру «3», передающий должен взмах-

нуть флажком и одновременно пустить секундомер. Отсчитав 3 *сек*, он должен сделать новый взмах флажком. Наблюдающий («приемная сторона» этой линии телепередачи) обязан, увидев это, по первому взмаху пустить, а по второму остановить свой секундомер. После этого он сможет прочесть на циферблате переданное ему число.

Применение временного способа измерений в радиозондах требует включения в их устройство часовых механизмов либо других двигателей с высокой стабильностью

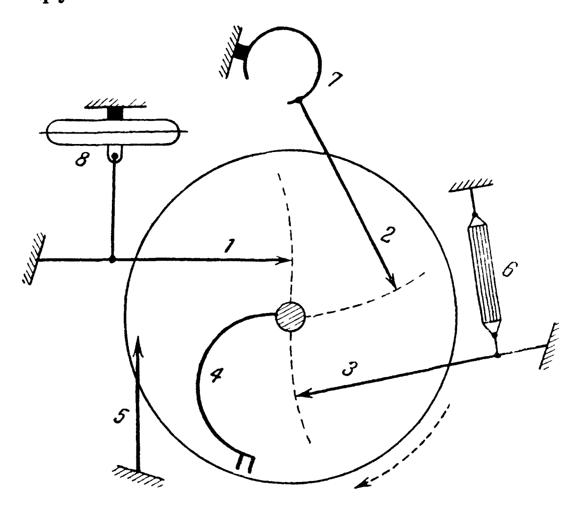


Рис. 3. Схема устройства временного дискового шифратора радиозондов.

1 — указатель давления; *2* — указатель температуры; *3* — указатель влажности; *4* — контактная спираль; *5* — указатель сигналов начала отсчета; *6* — гигрометр волосной; *7* — термометр биметаллический; *8* — барометр анероидный.

вращения. В наземном приемном пункте также обязательно иметь равномерно движущийся механизм, позволяющий осуществлять синхронные отметки принимаемых сигналов. Шифрующий механизм радиозонда временного типа обычно содержит в себе медленно вращаемую часовым механизмом контактную спираль, утопленную заподлицо в изолирующем цилиндре (цилиндрическая спираль) или диске (плоская спираль).

На рис. 3 показана дисковая разновидность шифрующего устройства радиозонда. От краев к центру диска могут по дугам перемещаться контактные указатели датчиков давления *1*, температуры *2* и влажности *3*, каждый из

которых за один оборот диска коснется 1 раз проводящей спиральной полоски *4*, чем будут созданы соответствующие отсчетные сигналы. Общий для всех датчиков начальный сигнал создается неподвижной стрелкой *5*, постоянно скользящей у самого края диска. По времени, протекающему от начального сигнала до каждого из отсчетных, можно определять положения указателей относительно центра диска, а если эти положения предварительной тарировкой связаны с определенными значениями метеоро-

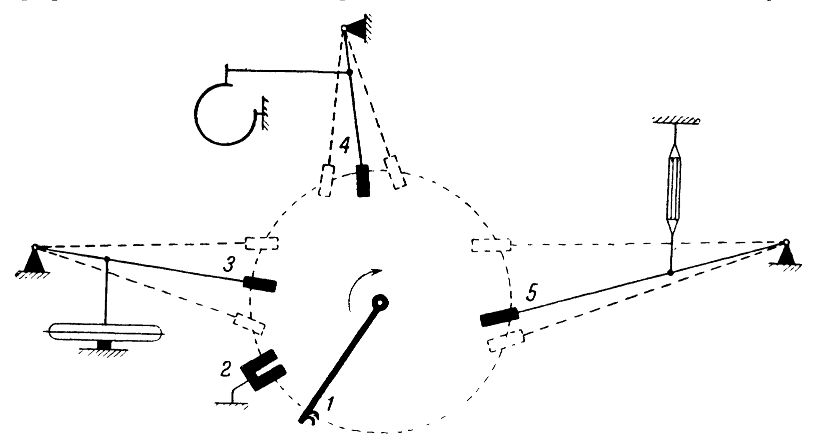


Рис. 4. Схема устройства временного шифратора с контактным ощупывающим съемником.

1 — вращающаяся щетка; *2* — контакты сигналов начала отсчета; *3*, *4* и *5* — указатели давления, температуры и влажности.

логических величин, то, значит, можно дистанционно измерять эти величины.

На рис. 4 показан вариант съема показаний трех датчиков, осуществляемый несколько иным образом. Здесь вращаемая часовым механизмом мягкая контактная щетка *1* «ощупывает» сперва начальный сдвоенный контакт *2*, а затем поочередно обходит все указатели датчиков. Обычная скорость вращения барабанчиков, дисков либо ощупывающих съемников временных шифраторов радиозондов составляет от 1 до 2 *об/мин*.

Применение временного способа в радиозондах возможно только для датчиков деформационного типа. В состав наземного устройства по приему сигналов радиозонда необходимо включать регистраторы с синхронным вращением барабана либо с высоким постоянством протяжки ленты.

Прием измеренных значений величин «просто на слух» при временном способе практически невозможен.

Числовые способы. Число-импульсный вариант телеизмерений также можно иллюстрировать примером с сигнальщиками. Но при этом способе секундомеры им не нужны. Если надо передать число «7», то первый сигнальщик делает семь взмахов флажком, а второй их просто считает. Однако для передачи, например, числа «75» при этой си-

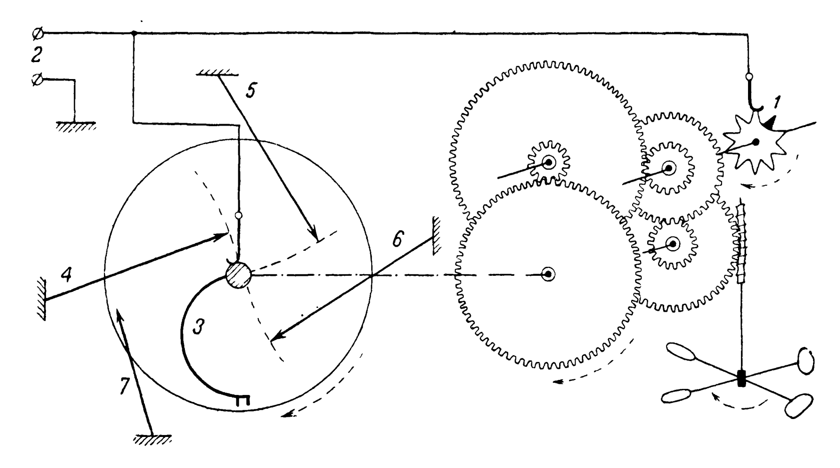


Рис. 5. Схема устройства числового шифратора радиозондов.

1 — контактная звездочка, создающая отсчитываемые импульсы; *2* — выходная пара проводов; *3* — контактная спираль; *4*, *5* и *6* — указатели давления, температуры и влажности; *7* — указатель сигналов начала отсчета.

стеме телеизмерения обоим придется надолго напрячь внимание, чтобы не сбиться со счета.

В радиозондах для осуществления число-импульсного варианта числового способа телеизмерений применяют конструкции шифраторов, весьма сходные с временными. Отличие состоит в том, что в одном из звеньев понижающего редуктора, который применяется для вращения шифрующего диска, производятся прерывистые замыкания, осуществляемые десятизубцовой звездочкой *1* (рис. 5). Эту звездочку помещают на таком звене редуктора, чтобы провода *2* управления радиопередатчиком за один полный оборот шифрующего диска оказались замкнутыми и разомкнутыми от 200 до 600 раз. В моменты, когда металлическая спиральная полоска диска *3* касается указателей датчиков, провода *2* замыкаются накоротко помимо кон-

такта с зубцами звездочки, что и позволяет определять положения указателей по подсчетам числа коротких импульсных сигналов между продолжительными начальными и отсчетными сигналами по каждому датчику. Ради облегчения подсчета импульсных сигналов, обычно записываемых с помощью ондулятора, показанный зачерненным зубец контактной звездочки удаляют совсем, вследствие чего импульсы передаются сериями по 9 замыканий с паузой вместо каждого 10-го замыкания.

При таком устройстве шифратора, как легко видеть, требования постоянства скорости вращения и синхронности с ним вращения регистрационного барабана наземной установки отпадают полностью.

Здесь также применимы лишь деформационные измерители метеоэлементов, а при передаче сколько-нибудь значительной информации прием сигналов на слух невозможен. Если же объем информации невелик, когда, например, передаются числа лишь от 1 до 10 и сигналы следуют медленно, то их можно считать и на слух. Этот упрощенный вариант относится к передаче сигналов влажности гребенчатым радиозондом РЗ-049.

Высокочастотный способ. Данный способ телеизмерений основан на преобразовании метеорологических элементов в отклонения несущей частоты радиопередатчика. Это може быть сделано как при деформационных, так и при электрических чувствительных элементах метеорологических величин.

Изменения температуры, например, легко превратить в изменения частоты с помощью температурочувствительных конденсаторов, подключаемых к контуру радиопередатчика. Способ этот в принципе можно отнести к числовым потому, что частота является числом колебаний в секунду. Для приема сигналов радиозондов, действующих с использованием высокочастотного способа, применяют специальные радиоприемники с высокостабильной градуировкой по частоте, причем для удобной регистрации принимаемых на разных частотах сигналов радиозонда их дополняют пишущими приспособлениями.

Существенной особенностью радиозондов, действующих с применением высокочастотного способа телеизмерений, является обязательность тарирования приборов только лишь с включенными радиопередатчиками, что создает большие неудобства при массовом изготовлении таких радиозондов из-за взаимных помех. В отличие от всех пре-

дыдущих приборов передатчик одного экземпляра высокочастотного радиозонда нельзя беспрепятственно переставлять на другой экземпляр, так как при этом пришлось бы заново производить полную тарировку прибора по всем метеорологическим элементам.

Второй особенностью является жесткая привязанность высокочастотных радиозондов к диапазону коротких волн, исключающая применение для приема сигналов аппаратуры радиолокационного типа. К тому же пеленгование частотно-модулированных колебаний сопровождается дополнительными ошибками в определениях вертикальных углов, что создает известные трудности в получении ветровых данных во время зондирования.

Это должно быть признано третьей неблагоприятной особенностью рассмотренного способа. Достоинством же его является предельная простота конструкции и минимальный вес, примером чего является описываемый далее финский радиозонд.

Низкочастотный способ. Этот способ отличается от высокочастотного тем, что несущую частоту передатчика оставляют постоянной, а для передачи метеорологических величин используются частотная либо амплитудная модуляции. Прием сигналов сопровождается выделением и точными измерениями частоты модуляции известными методами, среди которых применяются как компарирование частот точными звуковыми генераторами по фигурам Лиссажу, так и прямой подсчет числа периодов модулирующих колебаний электронными счетчиками, вход которых при измерениях открывается на строго постоянный отрезок времени, например на 1 *сек* специальными таймерами.

Низкочастотный способ также допускает применение и деформационных и электрических датчиков. Так, например, если в качестве модулирующего каскада радиопередатчика применить какой-либо из *RC*-генераторов, то температуру очень удобно измерять с помощью температурочувствительных полупроводниковых сопротивлений (термисторов).

В отличие от высокочастотного способа здесь тарирование радиозонда можно производить без выхода в пространство, прием сигналов вести на обыкновенных радиоприемниках и радиолокационной аппаратуре, позволяющей осуществлять точное пеленгование летящего прибора.

В настоящее время во всем мире систематически применяются 16 различных по устройству радиозондов с ис-

пользованием разных способов телеизмерения. В скольких случаях и для каких величин применяются эти способы во всех 16 конструкциях, показано в таблице.

Способы телеизмерений	Измеряемые величины		
	Давление	Температура	Влажность
Кодовый	8	4	3
Временной . . .	2	3	3
Число-импульсный	2	2	3
Высокочастотный	2	3	3
Низкочастотный	2	4	4

Таблица подтверждает, что, по-видимому, кодовый способ телеизмерений давления является наилучшим, что и использовано в половине всех радиозондов мира.

НЕКОТОРЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАДИОЗОНДОВ

В течение всего времени существования радиозондирования и в СССР и за рубежом непрерывно велись и продолжают производиться разработки новых и усовершенствование существующих радиозондов и их деталей. При этом создано множество оригинальных, часто весьма остроумно устроенных контактных систем, шифровальных механизмов, портативных источников питания и других узлов, которые могли бы найти себе применение не только в радиозондировании, но во многих других областях народного хозяйства, а также и в радиолюбительской практике.

В одной из конструкций радиозондов понадобилось, например, осуществить отрывистый точечный («мгновенный») контакт качающегося указателя с металлическим медленно вращающимся кулачком.

На рис. 6 показано, как была решена эта задача. Контакт между зажимами *1* и *6* наступал, как только кулачок *5* касался жесткой детали 2, укрепленной на изолирующей планке *3*, служащей основанием всей контактной системы, и сейчас же обрывался, поскольку при малейшем продви-

жении кулачка дальше детали *2* и *4* оказывались разъединенными. Подобный «мгновенный» контакт может быть использован и в радиолюбительских конструкциях, например при устройстве различных механических реле времени (таймеров) на основе часов.

В большинстве конструкций радиозондов датчик давления устроен и действует по схеме, представленной на рис. 3: анероидная коробка *1*, «расширяясь» при понижении давления, заставляет скользить контактный указатель *2* по шкале *3*, состоящей из чередующихся полосок изоляции и металла. Если «лесенка» шкалы содержит, например, 10 металлических ступеней, то имеется возможность измерить 20 различных значений давления, соответствующих каждому переходу указателя *2* с изоляции на металл и обратно. Однако силы трения несколько снижают точность определения моментов переходов, и вот в одной из конструкций радиозондов встретился датчик давления, по мысли его авторов освобожденный от трения.

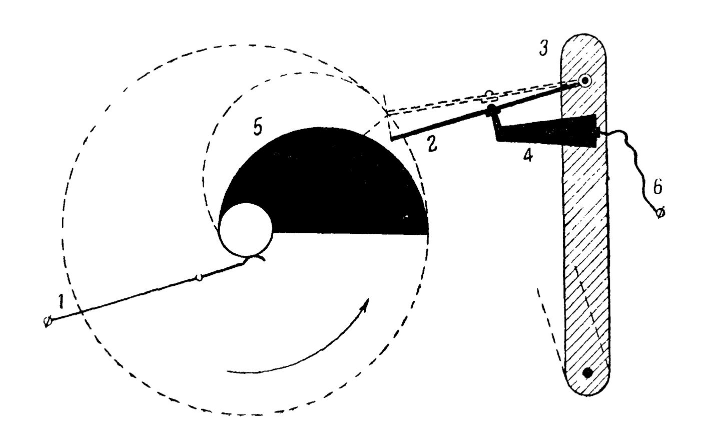


Рис. 6. Устройство для образования „мгновенных" контактов.

1 — щетка питания кулачка, *2* — промежуточная контактная полоска; *3* — изолирующая планка, установкой которой определяется время контакта; *4* — выход „мгновенных" контактов.

На рис. 7 представлена схема этого устройства. Здесь анероидная коробка *1* армирована пластинкой *2*, которая своей скошенной кромкой при понижении наружного давления поочередно отжимает изолированные полоски *3* от

общей контактной полосы 4. При отжатии каждой полоски 3 будет осуществляться контакт между деталями 2 и 4, длительность которого можно регулировать подбором размеров пружинок 3 и степенью их первоначального нажима на деталь 4. Деталь 5, в которой запрессованы пружинки 3, сделана из пластмассы. Такой датчик, однако, не повысил точности измерений давления и практического применения себе не нашел: вредные силы трения в нем проявились во всех местах касания полосок 3 со скошенной кромкой.

Оказавшийся весьма практичным оригинальный прием устранения вредных сил трения при съеме показаний ме-

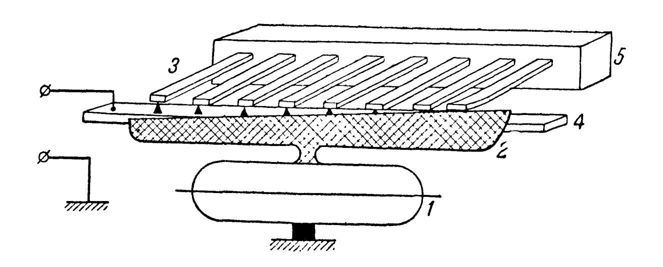


Рис. 7. Схема устройства датчика давления с якобы устраненными силами трения.

1 — барокоробка; 2 — отжимная линейка; 3 — пружинки промежуточного контакта (8 шт.); 4 — контактная планка; 5 — изолирующий брусок.

теорологических датчиков был изобретен в 1936 г. советским аэрологом Б. М. Лебедевым, предложившим «коммутаторный принцип» устройства шифрующего механизма. Этот принцип был усовершенствован и получил свое воплощение во многих конструкциях радиозондов кодовой системы, среди которых могут быть названы ныне применяющиеся отечественный радиозонд А-22-Ш, а также некоторые зарубежные радиозонды.

Сущность коммутаторного принципа состоит в применении особого шифрующего рифленого барабанчика, эксцентрично сидящего на оси, при своем равномерном вращении периодически соприкасающегося с указателями датчиков, которые контактными остриями «ощупывают» рифленую поверхность вдоль бороздок, захвативших острия в момент соприкосновения. В бороздках нанесены знаки

азбуки Морзе. В этом случае шифрующий механизм является одновременно также контактной шкалой для каждого датчика с тем отличием от обычных контактных шкал, что в промежуток между очередными съемами и передачами показаний каждый из указателей датчиков ни с чем не соприкасается и устанавливается совершенно свободно.

Весьма важным узлом всякого радиозонда является также его радиопередатчик. Специфика радиозондирования требует, чтобы передатчики обеспечивали дальность передачи сигналов радиозонда до 100—200 *км* при максимуме простоты устройства и экономичности действия. Поскольку в основном современное радиозондирование осуществляется с использованием наземной аппаратуры радиолокационного типа, передатчики при всей своей простоте и дешевизне должны обладать достаточной стабильностью частоты (порядка 1—0,1% от номинала в зависимости от типов наземных станций) и действовать в импульсном или еще более сложных режимах.

В отечественном радиозондировании было разработано свыше десятка разновидностей радиопередатчиков, часть которых далее описывается,

Общей чертой радиозондовых передатчиков вообще является возможность приближать излучатель непосредственно к генератору, вследствие чего в них, как правило, не только нет фидерных линий, но в ряде случаев отсутствуют и специальные детали связи с антенной (катушки связи или конденсаторы связи): излучатель в них превосходно возбуждается и отсасывает от генератора нужную мощность, будучи просто расположен вблизи контурной катушки (в передатчике ПРБ-051) либо около контурного витка (в передатчиках А-35, А-36).

Обычно передатчики радиозондов делают однолamповыми, но существуют и более сложные их разновидности. Так, например, в отечественном радиозонде РКЗ-1 применено *3* лампы, в английском и голландском сетевых радиозондах соответственно 3 и 5 ламп, а в английском радиозонде-ретрансляторе число ламп было доведено даже до 11. В этом приборе схема помимо генератора несущей частоты с модулятором и группой низкочастотных модулирующих генераторов содержит также радиоприемную часть, чувствительную к запрашивающим сигналам, посылаемым на другой волне с наземного пункта для измерений наклонной дальности.

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ РАДИОЗОНДОВ

Весьма оригинальными подчас бывают также разновидности источников питания радиозондов. В индийском радиозонде недавнего прошлого анодная батарея (60 *в*), например, набиралась наподобие «вольтова столба» из цинковых кружков диаметром 20 *мм* и угольных таблеток с агломератором, разделенных кружками промокательной бумаги, смоченными в растворе нашатыря. В финском радиозонде применяются батареи, представляющие собой объединенные блоки секций анодного (32 *в*) и накального 2 *в* питания в общем целлулоидном сосуде, разделенном на ряд ячеек. Электродами в них служат цинковые пластинки и миниатюрные свинцовые решетки с вмазанной в них активной массой положительных аккумуляторных пластин, а электролитом является раствор серной кислоты с добавкой сулемы (для амальгамации цинка, способствующей более экономному его расходованию).

В английском и голландском радиозондах применяются аналогичные батареи, составленные также из крошечных элементиков, но анодные их секции увеличены по числу элементов и, следовательно, по размерам. Японское радиозондирование в течение двух десятков лет шло по пути использования только лишь низковольтных батарей такой же системы в сочетании с миниатюрными вибропреобразователями, создающими напряжение питания анода. Лишь в последние 3—4 года в Японии начали применять анодные батареи американского образца.

В подавляющем большинстве радиозондов мира применяются марганцево-цинковые (МЦ) батареи, составленные из элементов Лекланше сухого и наливного типов. В отечественных зондах, например, используются наливные анодные батареи 22 РЗА-МЦ и батареи накала 3РЗН-МЦ, а также сухие анодные батареи ГБ-70 № 2 и батареи накала БОН-3. Сухие батареи значительно удобнее в обращении, зато наливные могут дольше храниться и их преимущественно применяют в пунктах, расположенных в труднодоступных географических районах, куда расходные материалы доставляются, например, лишь в сезон навигации, т. е. не чаще 1—2 раз в году.

В последнее время разработаны водоналивные батареи совершенно нового типа, обладающие в сравнении с батареями марганцево-цинкового типа важными достоинствами. Это так называемые магниево-хлористо-медные (МХМ) и магниево-хлористо-свинцовые (МХС) батареи, разра-

ботанные специально для радиозондов. Они выполняются из биполярных электродов, собираемых подобно галетным батареям, но без всякой герметизации отдельных элементов Для приведения элементов в действие батарею всю целиком опускают на 3—5 *мин* в обычную воду, после чего, будучи включенной на нагрузку, она быстро набирает свои номинальные напряжения по секциям накала и анода. Запасы электрохимической энергии такой батареи настолько велики, что токами утечки по смоченным краям

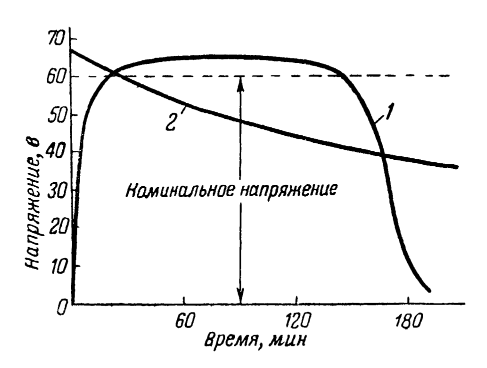


Рис. 8. Типовые разрядные кривые.
а—батареи марганцево-цинковой системы (Лекланше), *б* — батар и МХМ и МХС

биполярных электродов, довольно значительными по величине, можно пренебрегать.

Важным достоинством батарей МХМ и МХС является их повышенная хладостойкость: при работе в них выделяется достаточно тепла, чтобы предотвратить их замерзание даже без всякой теплоизоляции, тогда как батареи МЦ замерзают довольно часто и во избежание этого приходится применять для них теплоизоляцию из нескольких слоев бумаги.

На рис. 8 показаны разрядные кривые батарей, изготовленных из элементов Лекланше (*а*) и новых элементов (*б*) Здесь видно, что элементы МХМ и МХС (кривая *1*) обладают «нарастающей» в течение первого часа работы характеристикой разряда, причем вся запасенная в них энергия полностью выделяется за двухчасовой срок действия, в то время как системе МЦ (кривая *2*) свойственно неуклонное снижение напряжения, начинающееся с момента включения на разряд, причем после двухчасовой рабо-

ты еще остаются запасы энергии, использовать которые при радиозондировании невозможно. Новые батареи при лучших, разрядных свойствах оказываются значительно легче батарей Лекланше; их можно долго хранить без ухудшения качества, а подготовка их к действию много проще, чем наливных батарей, для которых требуется весьма трудоемкое и аккуратное введение порций специального электролита в каждый элемент.

Совершенно очевидно, что высокоэффективные батареи радиозондов могли бы найти себе применение во многих случаях, когда требуется обеспечить питанием переносную аппаратуру при жестких ограничениях веса. Портативность радиопередатчиков вместе с их источниками питания могла бы оказаться неоценимой, например, для радиосвязи в экспедиционных условиях, при туризме, а также для аварийных надобностей.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ РАДИОЛЮБИТЕЛЕЙ С РАДИОЗОНДАМИ

Различные применения в разных областях народного хозяйства и науки могут найти также и другие узлы радиозондов. Так, например, узлы давления, температуры и влажности радиозонда А-22-Ш в совокупности с шифрующим устройством с успехом используются в качестве дистанционно действующих барографа, термографа и гигрографа, отдельные узлы влажности радиозонда РКЗ-1 пригодны к использованию в качестве дистанционных гигрометров с централизованным съемом показаний в холодильных камерах, транспортных рефрижераторных устройствах и т. д.

Перечень этот можно было бы продолжить, однако лучше коснуться вопроса о том, какой вклад могли бы сделать в дальнейшее совершенствование метода радиозондов и радиолюбители. Как и во многих других областях науки и техники, радиолюбители способны существенно ускорить прогресс в радиозондировании, поскольку в этой области имеются интереснейшие для экспериментаторов проблемы.

Назовем лишь некоторые из таких проблем. Так, например, до сих пор ни в одной из конструкций радиозондов мира еще не используются транзисторы, а их применение позволило бы существенно снизить вес поднимаемых приборов. Имеется также принципиальная возможность строить радиозонды с питанием, подаваемым в течение

всего полета прибора с земли посредством направленного облучения специальным «питающим» радиопередатчиком При этом в схему радиозонда потребуется ввести приемное устройство и соответствующий выпрямитель, что опять-таки в нашу эпоху расцвета полупроводниковой техники является делом вполне реальным

Непочатый край творческой поисковой работы содержится также в других отдельных узлах и механизмах радиозондов. В частности, весьма целесообразным может оказаться применение в радиозондах термочувствительных конденсаторов и варикондов, датчиков механических перемещений с использованием пьезоэлементов и электретов Радиозонды целесообразно оснащать и новыми для этих приборов узлами, например устройствами для отметок проходимых при подъеме границ облачных слоев, узлами измерения либо просто обнаружения областей повышенной турбулентности, определения атмосферно-электрических и радиоактивных характеристик воздуха и т. д.

Весьма заманчивые возможности в области радиозондирования атмосферы открыты и для авиамоделистов, занимающихся радиоуправляемыми моделями. Если бы удалось решить задачу уверенного подъема аэрологического прибора при скорости ветра у земли до 10 *м/сек* хотя бы на 1,5 *км* и пилотирования по заданной программе в облаках с последующим безопасным возвратом на место старта, то этим была бы решена большой важности народнохозяйственная задача систематического детального контроля нижнего слоя атмосферы, имеющего исключительное значение и для «большой» авиации.

Прием по радио метеорологических величин, измеряемых при таких полетах, обеспечил бы высокую оперативность метода радиоуправляемых моделей, поскольку детальное обследование обнаруженных особенностей (изотермических и инверсионных слоев, областей с повышенной влажностью и т. д) возможно было бы осуществлять, не расходуя времени на повторные подъемы и спуски прибора

Несомненно, что вопросы конструирования радиозондов и сопутствующих им устройств нуждаются в широкой популяризации, которая окупилась бы тем, что активное творчество радиолюбителей позволило бы существенно ускорить весь процесс совершенствования метода радиозондов

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ РАДИОЗОНДЫ

Основным прибором для зондирования атмосферы в СССР является так называемый гребенчатый радиозонд, созданный П. А. Молчановым еще в 1930 г.

За 29 лет своего существования этот прибор многократно модернизировался: габариты и вес его значительно снижены, точность измерений увеличена, однако основная

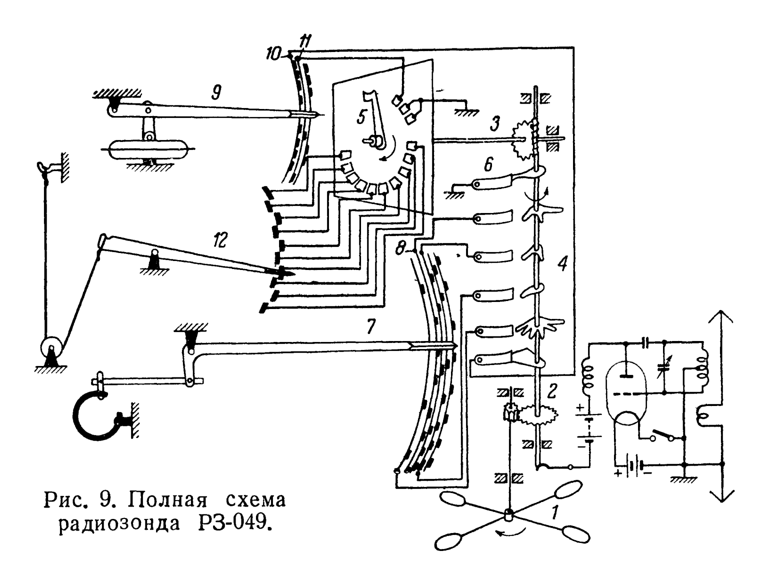


Рис. 9. Полная схема радиозонда РЗ-049.

схема устройства сохранилась до наших дней в почти нетронутом виде.

В настоящее время созданы более совершенные отечественные радиозонды А-22-III и РКЗ-1, которые в недалеком будущем должны будут полностью вытеснить гребенчатый радиозонд РЗ-049, однако в течение какого-то переходного периода приборы эти, очевидно, будут применяться совместно.

Радиозонд гребенчатый. Схема устройства гребенчатого радиозонда РЗ-049 представлена на рис. 9. Крыльчатка *1* вращает ось *2* коммутатора температуры и давления и через червячную передачу 1 : 20 — ось *3* коммутатора влажности, изолированные от корпуса прибора и соединенные с отрицательным полюсом анодной батареи передатчика. При вращении осей контактные звездочки *4* и ползунок *5* оказываются периодически соединенными с корпусом, и

в эти моменты передатчик излучает радиосигналы. Так, соединенная с корпусом пружинка *6* за каждый оборот оси *1*, совершающийся примерно 1 раз в секунду, создает сигнал в виде точки, когда стрелка *7* биметаллического термометра находится на одном из зубцов ни с чем не соединенной гребенки *8* шкалы температуры.

Если стрелка термометра установится на зубцах других гребенок, то впереди точечного сигнала прозвучат дополнительные точки, по числу которых можно определить, какого именно зубца касается стрелка. Дополнительные замыкания коммутатора на корпус будут осуществляться через соединенную с корпусом стрелку термометра, в чем нетрудно убедиться, проследив указанные соединения по схеме.

Сигналы давления возникают в виде тире, поглощающего последнюю точку температурных сигналов, когда стрелка барометра касается зубцов гребенки *10*. Они периодически появляются на отрезок времени от одной до нескольких минут, а затем настолько же исчезают, причем моменты таких изменений вида сигналов температуры (с обычной последней точкой или с ее превращением в тире) позволяют с большой точностью контролировать весь ход уменьшения давления атмосферы при подъеме радиозонда.

Для некоторого суждения о точности измерений давления гребенчатым радиозондом и о повышении гарантий этой точности рассмотрим такой пример: пассажир междугородного автобуса в те моменты, когда видит километровые столбы, знает расстояния до конечного пункта с точностью до нескольких метров, но в промежутках между этими знаками может ошибаться даже на целые километры, в особенности, если не заметит очередного столба. Для того, чтобы уменьшить вероятность грубых ошибок в измерениях давления, в шкале барометра имеется вторая, так называемая «контрольная» гребенка *11*, соединенная с одним из контактов коммутатора влажности. Редкие зубцы этой гребенки расположены вполне определенным образом после 6-го, 10-го и других зубцов основной гребенки сигналов давления, причем прохождение стрелкой барометра «контрольных зубцов» вызывает некоторые изменения в сигналах влажности.

Сигналы влажности создаются в виде протяжных тире, продолжительность которых равна времени одного полного оборота оси *2*. Сигналы температуры и давления пол-

ностью «закрываются» сигналами влажности во время их передачи, однако это не наносит существенного ущерба данным зондирования, поскольку повторяемость передач велика. Вначале передаются два «позывных влажности» (когда ползунок коммутатора проползает по паре контактов, постоянно соединенных с корпусом). Далее ползунок последовательно ощупывает 10 контактов, соедиенных с изолированными контактными зубцами гребенчатой шкалы

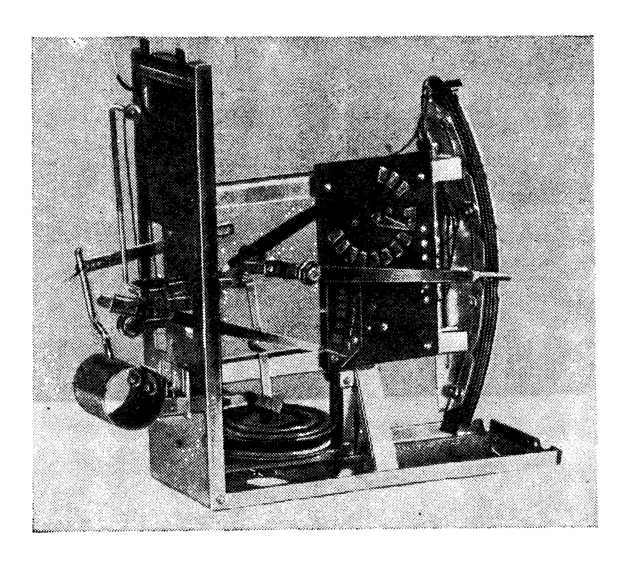


Рис. 10. Метеорологическая часть радиозонда РЗ-049.

гигрометра и создает протяжное тире на контакте, оказавшемся временно соединенным с корпусом через стрелку гигрометра *12*. Номер зубца, которого касается стрелка, всегда будет равен числу переданных после «позывных влажности» сигналов температуры, почему и способ передачи сведений о влажности является числовым, тогда как сигнализация данных температуры и давления осуществлена по кодовым системам. Когда стрелка барометра проходит по зубцам «контрольной» гребенки, к позывным влажности добавляется третий протяжный сигнал, что дает возможность проверить правильность нумерации зубцов основной гребенки давления по принятым остальным сигналам давления. На рис. 10 показана метеорологическая

часть этого прибора, а на рис. 11 радиозонд представлен в полной готовности к полету.

Главным недостатком описанного радиозонда является трение контактных стрелок о гребенчатые шкалы, снижающее точность измерений.

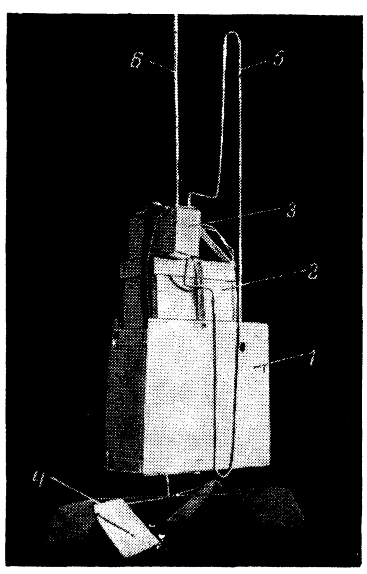


Рис. 11. Внешний вид радиозонда. РЗ-049.

1 — матеорологическая часть и шифрующее устройство; *2* — батареи питания; *3* — радиопередатчик ПРБ-1,5; *4*—лопасть крыльчатки; *5*—шлейф-излучатель; *6* — шнур подвески к шару.

Радиозонд А-22-III. В радиозонде А-22-III, схема устройства которого приведена на рис. 12,*а*, контактные стрелки *1, 2, 3* барометра, термометра и гигрометра в промежутках между съемами показаний совершенно свободны и лишь на время передачи сигналов соприкасаются своими заостренными концами с вращающимся кодовым сектором *4*, изолированным от корпуса прибора. К кодовому сектору, вращаемому крыльчаткой и совершающему полный оборот за 5—8 *сек,* через щетку от контакта *5* присоединен отрицательный полюс анодной батареи. На рабочей поверхности кодового сектора нанесены бороздки, вдоль которых и скользят поочередно улавливаемые в них острия стрелок датчиков метеорологических элементов.

Всего вдоль образующей сектора имеется 300 бороздок, ширина и глубина которых подобны ширине и глубине бороздок граммофонной пластинки (на рис. 12,*б* представлено отдельное перспективное изображение кодового сектора). Рифленая рабочая поверхность сектора покрыта тонким слоем прочного изолирующего лака, в котором имеются «окна», где металл бороздок обнажен с таким расчетом, чтобы при скольжении острых концов стрелок получались контакты, создающие знаки кода Морза, по две буквы на каждой бороздке. Общей первой буквой первого десятка бороздок сделана буква Т (одно тире), а вторыми буквами являются по порядку расположения бороздок буквы Т, А, У, Р, Ф, Л, Д, Н, С и И. Во втором десятке бороз-

док общей первой буквой служит А, в третьем—буква У и т. д., в результате чего каждая из 100 бороздок от ТТ до ИИ получается обозначенной строго индивидуально, причем по десятичной системе. Вторая и третья сотни бороздок несут в себе точно такие же сочетания знаков, вследствие чего в расшифровке принимаемых знаков по значениям переданных величин принципиально возможны ошиб-

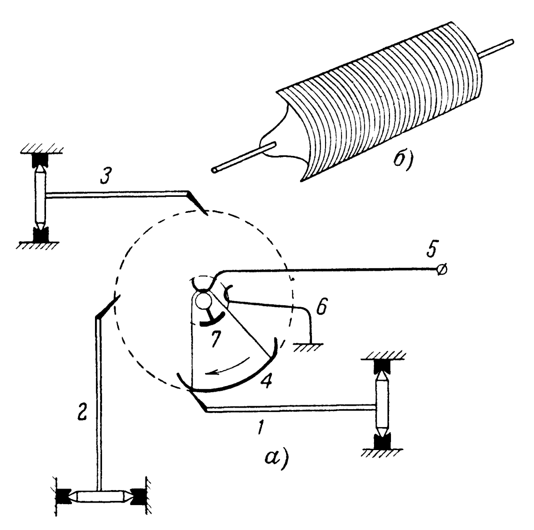


Рис. 12. Схема шифрующего устройства радиозонда А-22-III.

1, 2 и *3* — стрелки давления влажности и температуры, *4* — кодовый сектор (*б* — он же в перспективном виде); *5* — провод подключения кодового сектора к схеме, *6* — контакт продолжительного сигнала начала цикла, *7* — ламель для образования сигнала начала цикла

ки на целую треть или даже на две трети всего кодового сектора, однако практического значения это не имеет, так как прием сигналов радиозонда от самого момента выпуска и до разрыва оболочки производится непрерывно. Это полностью исключает какую-либо путаницу, поскольку стрелки датчиков меняют свои положения в общем весьма медленно Кодовый рисунок радиозонда А-22-III представлен на рис. 13.

Для обозначения начала передачи каждого цикла сигналов метеорологических элементов имеется еще контактная пружинка *6*, создающая длительный сигнал при прохождении кодовым сектором «пустого» квадранта от стрел-

ки термометра до стрелки барометра. На оси кодового сектора для этой цели предусмотрена специальная контактная пластинка *7*.

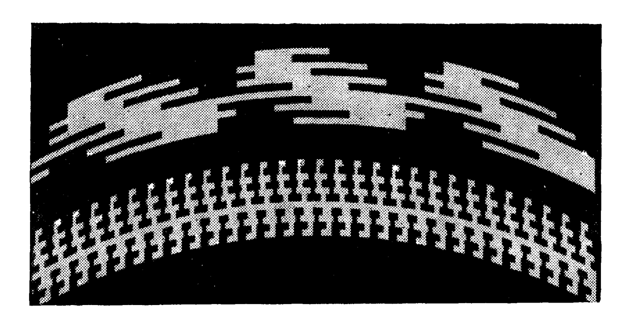


Рис. 13. Кодовый рисунок шифрующего устройства радиозонда А-22-III.

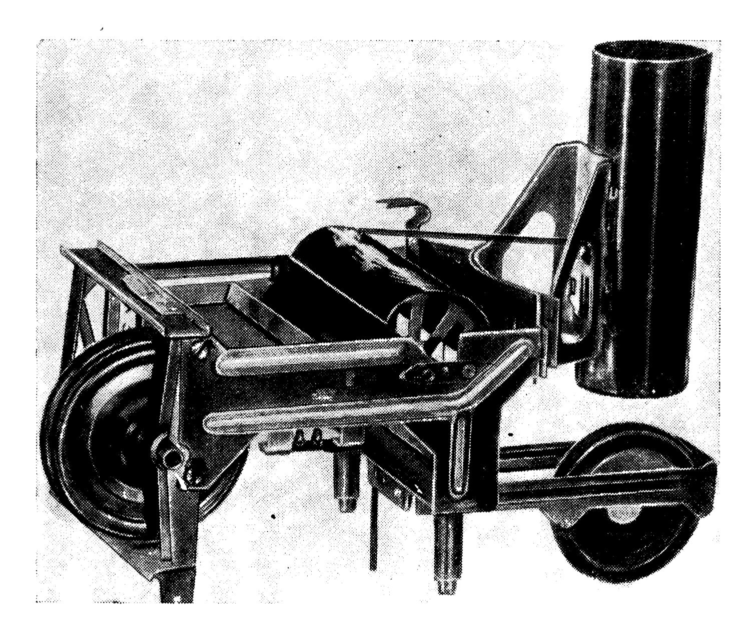


Рис. 14. Метеорологическая часть радиозонда А-22-III.

На рис. 14 показана метеорологическая часть радиозонда А-22-III, а на рис. 15 радиозонд представлен в полной готовности к полету.

Радиозонд А-22-III применяется в сочетании с теми же радиопередатчиками, что и гребенчатый радиозонд РЗ-049. Благодаря отсутствию трения в датчиках он обеспечивает приблизительно вдвое более высокую точность измерений.

Передатчики радиозондов. Применяемый в радиозондах коротковолновый передатчик РБ-051-А (схема его показана на рис. 10 справа), работающий в режиме незатухающих колебаний, в настоящее время все более вытесняется из употребления передатчиками с импульсным излучением, применяемыми совместно с наземной радиолокационной аппаратурой, позволяющей производить точное пеленгование прибора.

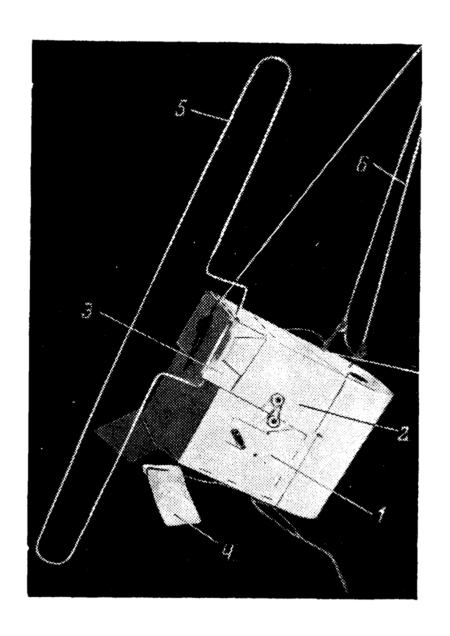


Рис. 15. Внешний вид радиозонда А-22-III.

1 — метеорологическая часть с кодирующим устройством; *2* — батареи питания; *3* — отсек радиоблока ПРБ-1,5; *4* — лопасть крыльчатки; *5* — шлейф-излучатель Пистолькорса; *6* — шнуры подвески к шару.

Первым из них можно назвать передатчик ПРБ-051 (рис. 16) с несущей частотой 82 *Мгц*, мощностью в импульсе 0,15 *вт* и скважностью излучения около 6. В отличие от обычных коротковолновых передатчиков манипулирование в передатчике ПРБ-051 производится не разрывом цепи анодной батареи, а подключениями конденсатора C_2 параллельно конденсатору C_1, производимыми механизмом радиозонда.

Специального контурного конденсатора в передатчике ПРБ-051 нет и несущая частота 82 *Мгц* генерируется за счет взаимодействия индуктивности контурной катушки L с ее же собственной емкостью, а также с суммой емкостей монтажных проводников и междуэлектродных емкостей лампы. В конструкции передатчика ПРБ-051 для точной подстройки на номинальную частоту применено

растягивание катушки L в осевом направлении. Таким путем удается получить диапазон частот настройки от 79 до 85 *Мггц*.

Оригинален в этом передатчике излучатель. Он возбуждается непосредственно от контурной катушки, будучи просто укреплен в картонной коробке вблизи катушки. Ни в одном из зарубежных радиозондов такой связи с излучателем, упрощающей устройство передатчика без ухудшения его эксплуатационных достоинств, не встречается.

Детали сеточной цепи (дроссель *Др* сопротивление R и конденсаторы C_1, C_2) обеспечивают работу передатчика в режиме автомодуляции. Когда конденсатор C_1 отключен, частота прерываний несущей получается свыше 2 *кгц*, при подключении же его она снижается до 300—600 *гц*, чем и создаются сигналы радиозонда.

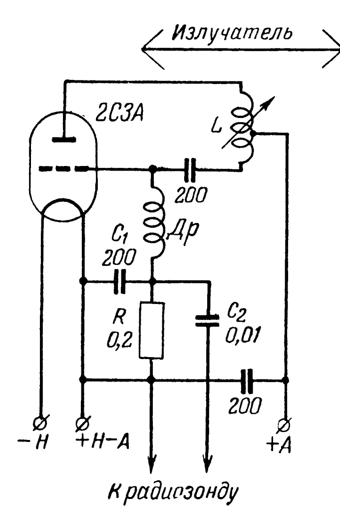


Рис. 16. Схема пеленгуемого передатчика ПРБ-0,51.

Для радиолюбителей эта схема может представить следующий интерес. Если в разрыв анодного питания включить головные телефоны и снизить анодное напряжение до 10 — 15 *в*, то передатчик превращается в весьма чувствительный сверхрегенератор, пригодный для приема в течение получаса и более сигналов радиозонда, выпущенного в полет с другим передатчиком ПРБ-051. Этим иногда пользуются для подстроек передатчиков ПРБ-051 на номинальную частоту по постоянной настройке такого импровизированного сверхрегенератора, считаемого за «эталон».

Передатчик ПРБ-051 очень прост по устройству. В нем первоначально применялась радиолампа 2П1П в триодном включении. Контурная катушка L не имеет каркаса. Она содержит 8—9 витков (диаметром 20 *мм*) голой медной проволоки (диаметром 1 *мм*) с шагом намотки 2—4 *мм* (катушка растягивающаяся). Дроссель

Др тоже не имеет каркаса и состоит из 40 витков (диаметром 3,5 *мм*) провода ПЭБД 0,2, намотанных в один слой без просветов между витками

Передатчик смонтирован на прямоугольном куске плотного картона и вставляется в отсек картонной коробки с батареями питания, на наружной стороне которой прикреплен излучатель. Все это вместе именуется радиоблоком.

Радиоблок ПРБ-1,5. Передатчик этого радиоблока работает в таком же примерно режиме, как и передатчик ПРБ-051, но несущая частота его равна 216 *Мгц*, а

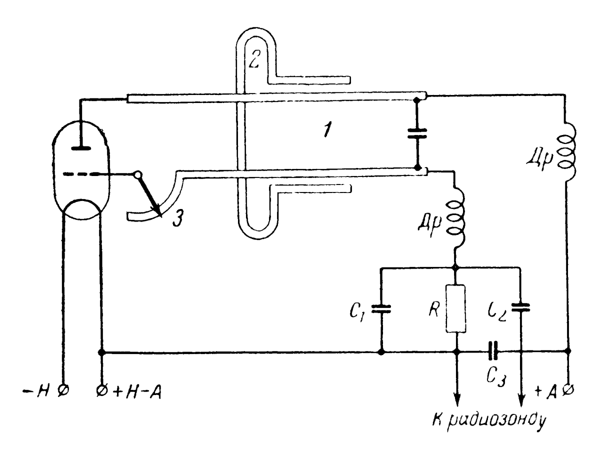


Рис. 17. Схема пеленгуемого передатчика ПРБ-1,5.

скважность излучаемых радиоимпульсов повышена до 20.

Схема передатчика ПРБ-1,5 представлена на рис. 17. Контуром в нем служит отрезок двухпроводной линии *1*. Излучатель *2* в виде шлейф-вибратора, ориентированного вертикально, связан с линией *1* парой отогнутых параллельных концов. Подстройка на номинальную частоту осуществляется в пределах до 6 *Мгц* ползунком *3*, скользящим по дугообразно изогнутому проводу линии *1*. Назначение и функции остальных деталей те же самые, что и в передатчике ПРБ-051.

Значительно проще устроен предназначенный для тех же целей радиоблок А-36, схема которого дана на рис. 18. Его колебательный контур выполнен в виде одного не-

полного витка (бугеля) *1* из медной проволоки. Излучатель *2*, представляющий собой прямолинейный полуволновой отрезок жесткой проволоки, возбуждается индуктивно подобно излучателю в передатчике ПРБ-051, будучи расположен своей серединой на расстоянии 15—20 *мм* от бугеля *1*. Для точной подстройки на частоту 216 *Мгц* служит ползунок *3*. Дроссели *Др* содержат по 20 витков (диаметром 6 *мм*) провода ПЭЛ 0,7.

Обладая несколько большей мощностью излучения и более высокой стабильностью частоты при меньших габаритах и стоимости, радиоблок А-36 должен в недалеком будущем заменить ПРБ-1,5. Внешний вид передатчика А-36 показан на рис. 19.

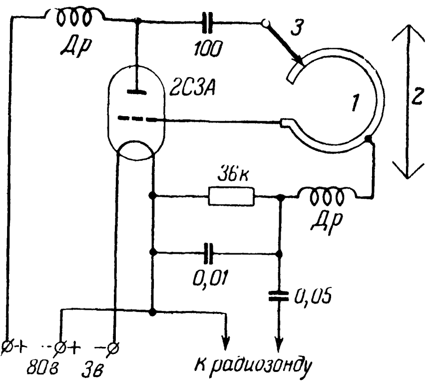


Рис. 18. Схема пеленгуемого передатчика А-36.

Радиозонды с измерениями наклонной дальности. Существенно иными по принципу работы являются разработанные пока только лишь в СССР передатчики-ответчики.

В процессе совершенствования метода радиозондов выяснилось, что ценность всех получаемых данных заметно возрастает, если, помимо угловых координат летящего прибора, постоянно знать также и расстояния до него. Это возможно, если за радиозондом следить, как за какой-то мишенью с помощью обычного радиолокатора, однако самые чувствительные радиолокационные станции не обеспечивают измерения наклонной дальности, если дистанция превосходит 30—35 *км*.

За рубежом известны многие разработки так называемых «ретрансляционных» радиозондов, с помощью которых можно получать данные наклонной дальности до 100 *км* и более, однако и выпускаемые в полет приборы и наземная аппаратура во всех случаях получались громоздкими и дорогими.

Примером подобного устройства может служить созданная несколько лет назад в Англии система ретрансляционного зондирования, впервые испытанная в обсерватории Кроули.

На рис. 20 представлена блок-схема выпускаемого в полет прибора, содержащего 11 радиоламп. Здесь *1* — передатчик на 2 850 *Мгц*, имеющий мощность в импульсе около 30 *вт*; *2* — его излучатель; *3* — радиопремник на 152,5 *Мгц*; *4* — антенна радиоприемника; *5* — коммутатор-модулятор, осуществляющий поочередное формирование видеоимпульсов передачи значений метеорологических величин и импульсов ответа на запрашивающие сигналы с Земли.

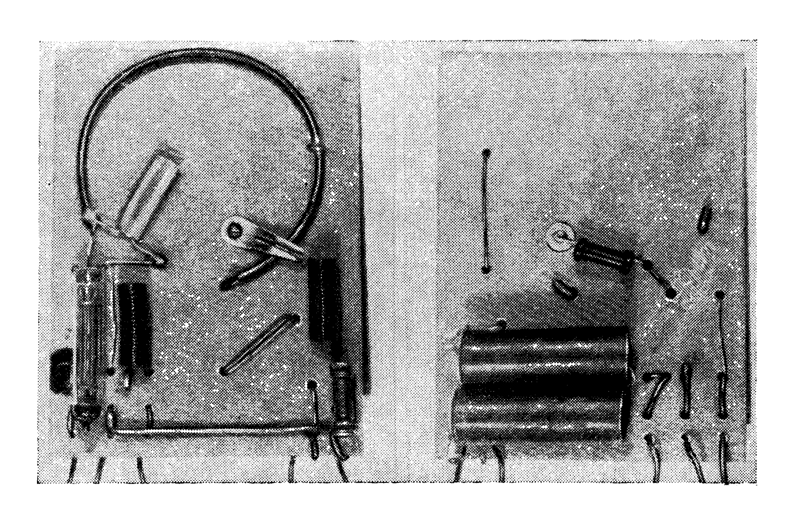


Рис. 19. Внешний вид передатчика А-36 с обеих сторон платы.

Наземное устройство оборудовано агрегатом антенн (приемной и передающей), автоматически наводящимся на летящий прибор, и состоит из ряда блоков, обеспечивающих посылку мощных радиоимпульсов запроса (50 *квт* при 400 импульсов в секунду), прием сигналов, их расшифровку и обработку.

Как легко видеть, возможность получать данные наклонной дальности здесь достигается чрезвычайно дорогой ценой, поэтому такого рода ретрансляционные радиозонды практически широкого применения себе не нашли.

Однако, как оказалось, существуют и другие пути достижения той же цели. Для получения ответных сигналов на запрашивающие импульсы наземной радиолокационной установки можно воспользоваться свойством сверх-

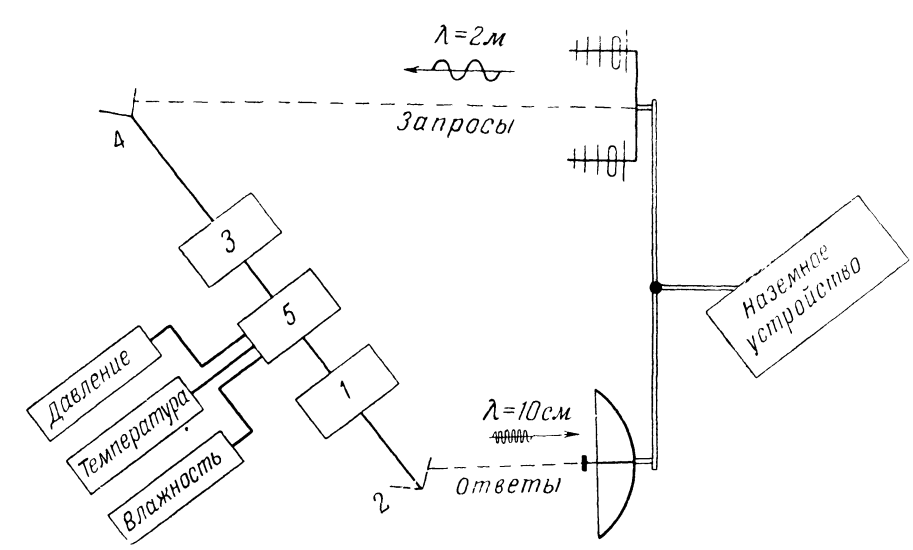


Рис. 20. Блок-схема ретрансляционного радиозонда английской системы.

регенераторов изменять режим своего собственного излучения под влиянием радиосигналов, приходящих извне.

Радиозонд РКЗ-1. Именно на этом принципе устроен и действует недавно созданный отечественный радиозонд РКЗ-1, измеряющий температуру, давление и влажность до высот 35 *км* при удалениях от места старта до 150 *км* и более, причем наклонная дальность на всей этой ди-

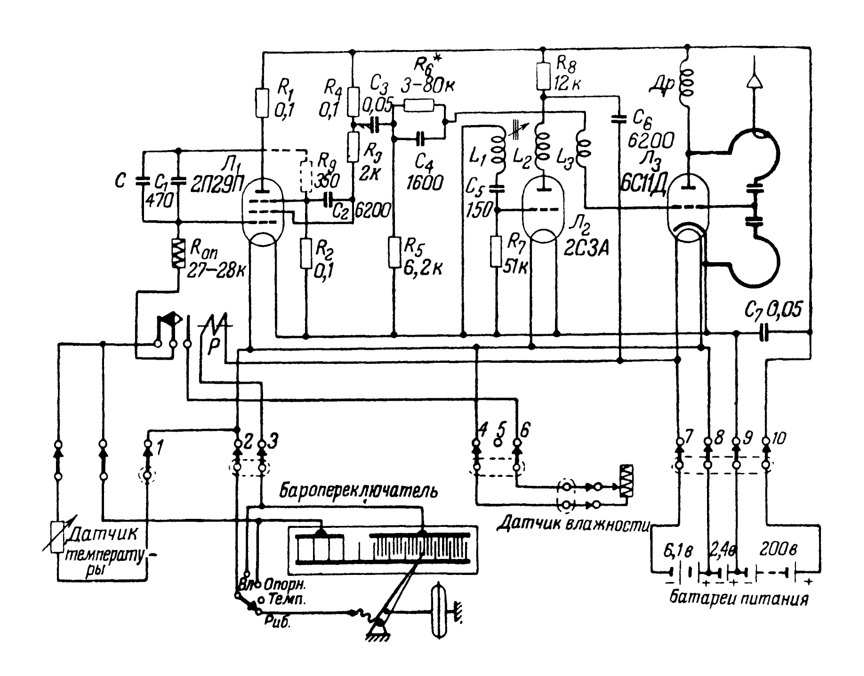


Рис. 21. Принципиальная схема радиозонда РКЗ-1 с датчиком влажности.

станции измеряется с погрешностью, не превосходящей 20 *м*.

На рис. 21 показана принципиальная схема этого радиозонда. Здесь внизу слева показан датчик температуры (термистор), а рядом с ним — анероидный датчик давления с контактной шкалой, содержащей две системы металлических контактных полосок, разделенных изоляционными промежутками (баропереключатель). Когда указатель давления находится на изоляции, измерительный *RC* генератор на пентоде $Л_1$ создает широкие им-

пульсы сигнала температуры, следующие друг за другом с частотами от 100 до 1 600 *гц*; при контакте же с металлическим рисунком шкалы создается либо опорная частота 2 100 *гц*, либо сигналы влажности (от 1 650 до 2 050 *г*). При передаче данных влажности якорь реле *Р* перебрасывается в другое положение. Отрицательные импульсы измерительного генератора создают паузы (вырезки) в излучаемых колебаниях.

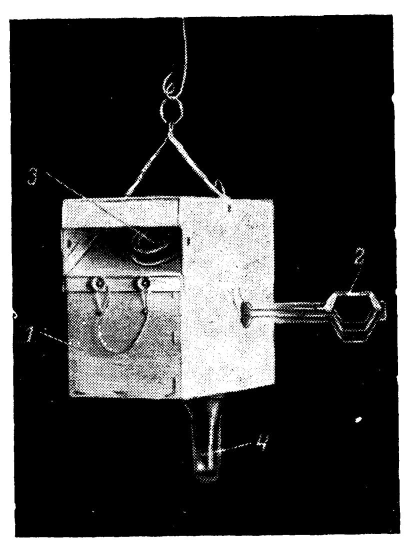


Рис. 22. Радиозонд РКЗ-1, подготовленный к выпуску.

1 — общий картонный кожух; *2* — датчик температуры (термистор ММТ-1 на целлулоидном кронштейне); *3* — датчик влажности (пленочная мембрана); *4* — целлулоидный футляр радиоблока (видна часть, содержащая излучатель и противовес).

Датчиком влажности служит мембрана из животной пленки, управляющая движком проволочного реостата (на схеме показан только реостат). На излучаемые колебания, помимо измерительного генератора, воздействует также модуляторный каскад на триоде $Л_2$, превращающий излучение в радиоимпульсы при частоте их повторения около 800 *кгц* (частота импульсов суперизации).

Генератором излучаемых колебаний служит триод $Л_3$. Двухкамерный объемный резонатор, выполненный в виде охватывающего триод цилиндра, имеет в анодной камере подстроечный винт и петлю отбора колебательной мощности, связанную с излучающей системой. Последняя выполнена в виде колоколообразного противовеса и выступающего из него стерженька длиной около 40 *мм*, являющегося четвертьволновым вибратором.

Радиозонд питается от магний-хлористо-медных батарей. Его полетный вес составляет 1,6 *кг*. Внешний вид этого прибора представлен на рис. 22.

Прием сигналов радиозонда РКЗ-1 производится с применением автоматического регистратора-частотоме-

ра. Данные измеренных температуры и влажности печатаются цифрами и ординатными отметками на ленте.

Передатчик А-35. Совсем недавно разработан передатчик-ответчик А-35, имеющий только одну электронную лампу. Схема его приведена на рис. 23.

В основном этот передатчик состоит из деталей передатчика А-36, дополненных катушками *1*, благодаря положительной обратной связи которых обеспечивается ав-

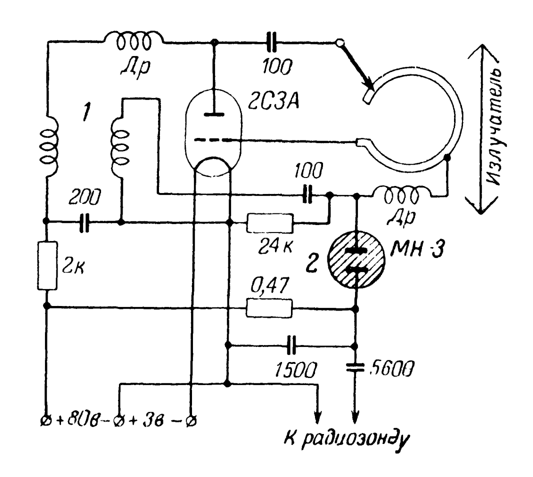


Рис. 23. Схема передатчика-ответчика А-35.

томодуляция несущей частоты 216 *Мгц* частотой суперизации 400 *кгц*, а также неоновым модулятором *2*, управляемым шифрующим механизмом радиозонда.

Форма создаваемых колебаний иллюстрируется рис. 24 где показаны огибающие излучаемых радиоимпульсов, являющиеся видеоимпульсами частот суперизации и сигналов радиозонда, создаваемых неоновым модулятором. Все эти видеоимпульсы заполнены колебаниями несущей частоты 216 *Мгц* (на рис. не показаны).

В верхней части рис. 24 изображено излучение при «паузе», когда провода передатчика, идущие к радиозонду, разомкнуты. Излучаются радиоимпульсы с частотой следования 400 *кгц*, длительностью около 1 *мксек*, перемежающиеся с радиоимпульсами длительностью порядка 10 *мксек* при частоте следования около 2 *кгц*. При передаче сигнала радиозонда, когда упомянутые провода замкнуты, длительность широких радиоимпульсов увеличи-

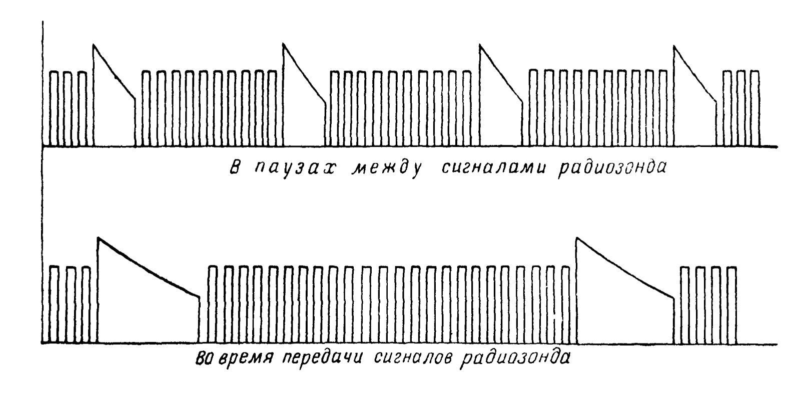


Рис. 24. Структура сигналов передатчика А-35.

вается до 100 *мксек*, а частота их следования понижается до 700 *гц* (изображено внизу).

На рис. 25 показан вид отметки ответа на экране индикатора радиодальномера, которым дооборудуются радиотеодолиты «Малахит», чтобы создать возможность измерений наклонной дальности.

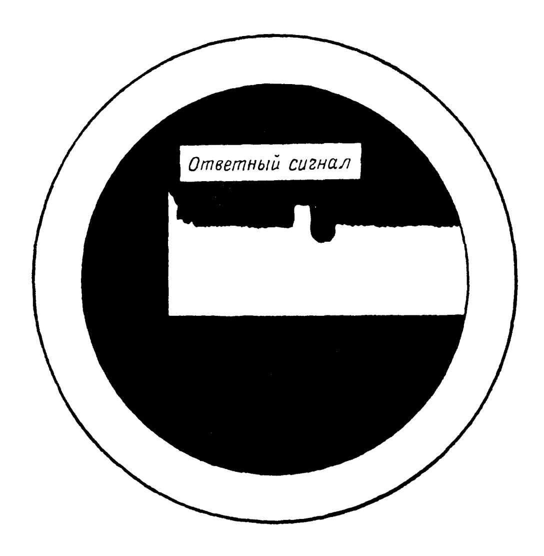


Рис. 25. Вид ответного сигнала на индикаторе радиодальномера.

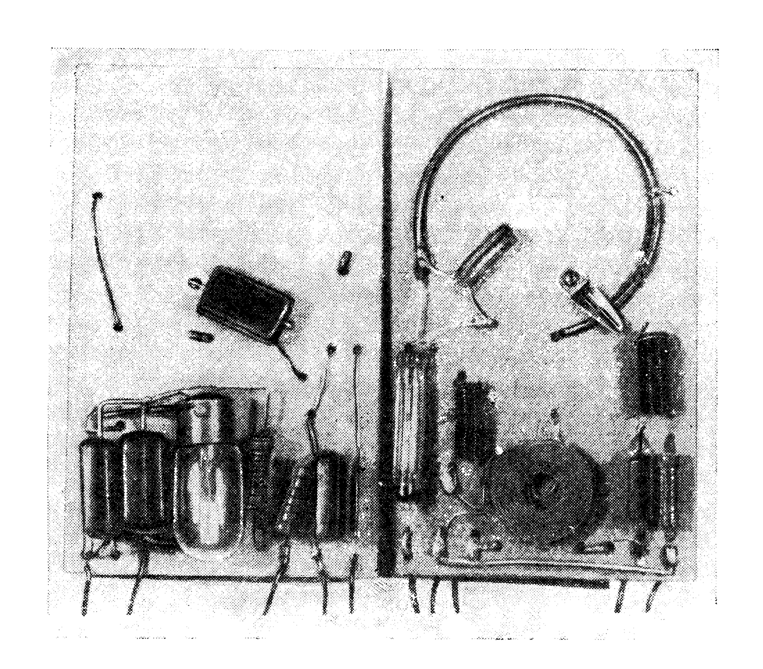


Рис. 26. Внешний вид передатчика А-35 с обеих сторон платы.

Передатчик-ответчик А-35 обеспечивает дистанции и точность измерений не хуже, чем РКЗ-1, но без автоматического сопровождения и без регистрации получаемых данных.

Внешний вид передатчика показан на рис. 26.

ЗАРУБЕЖНЫЕ РАДИОЗОНДЫ

Финский радиозонд. Из зарубежных радиозондов самым простым и легким по весу является финский радиозонд. Схема передатчика этого радиозонда показана на рис. 27.

Измерения всех метеорологических величин осуществляются здесь высокочастотным способом путем поочередного подключения к контуру радиопередатчика пяти конденсаторов, из которых три переменной емкости управляются волосом, биметаллом и барокоробкой, а два постоянной емкости служат для учета влияния на частоту передатчика меняющихся напряжений накала и анода и других дестабилизирующих факторов. При подключе-

нии одного из конденсаторов постоянной емкости излучается максимальная, а при подключении другого минимальная частота колебаний. Все частоты метеорологических величин располагаются внутри полосы, ограниченной этими крайними частотами.

Ось крыльчатки в полете совершает 3—6 *об/сек*, и с такой же цикличностью изменяется частота излучаемых колебаний при переключениях конденсаторов. Внутри каждого цикла частота скачками принимает пять различных значений. Прием получающихся точечных сигналов на каждой из этих пяти частот производится на специальном калиброванном по рабочему участку частот приемнике с удобным механизмом регистрации на бумажном бланке всех производимых вручную поочередных настроек на передаваемые радиозондом частоты.

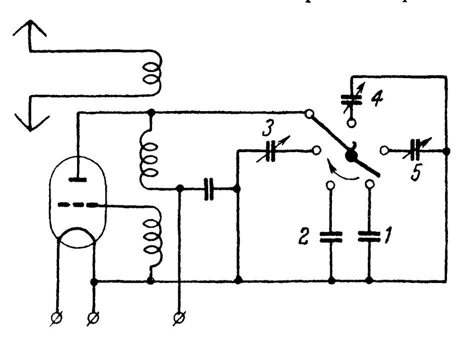


Рис. 27. Схема передатчика финского радиозонда.

1 — конденсатор, опрелеляющий минимальную частоту, *2*—конденсатор, определяющий максимальную частоту, *3*, *4* и *5* — конденсаторы узлов давления, влажности и температуры

Полетный вес прибора не превышает 300 *г*, рабочий диапазон частот передатчика составляет 14—15 *Мгц*. Внешний вид радиозонда представлен на рис. 28.

Этот радиозонд не отличается высокой стабильностью своих характеристик, и его широкое использование затруднено необходимостью тарировки на местах перед выпуском в полет. При большом числе пунктов радиозондирования такая методика весьма нежелательна из-за дороговизны эксплуатации тарировочного оборудования.

Высокочастотные радиозонды Японии. Высокочастотный радиозонд Японии устроен иначе (рис. 29,*а*). Здесь данные температуры передаются одним радиопередатчиком, а влажности — другим. Измерителем температуры служит ртутно-таллиевый термометр, столбик которого образует с насаженной на термометр снаружи металлической манжетой переменную емкость, непрерывно воздействующую на частоту передатчика.

Волосной гигрометр с помощью конденсатора пере-

менной емкости управляет частотой другого передатчика. Антенна одного передатчика свисает вниз, а другого используется для подвески радиозонда к шару. Анодное напряжение создается зуммер-трансформатором.

Давление контролируется по кратковременным резким изменениям амплитуды сигнала температуры, создаваемым барапереключателем (кодовый способ измерений в его простейшем виде).

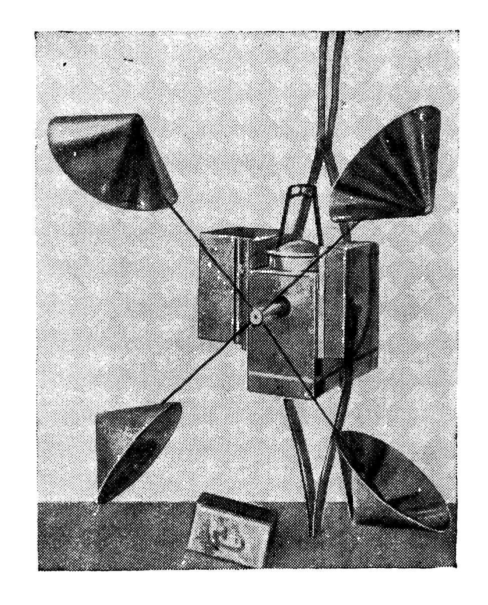


Рис. 28. Внешний вид финского радиозонда Вайсала.

Несколько лет назад японский радиозонд был полностью высокочастотным. Для измерения давления служил отдельный радиопередатчик (рис. 29,*б*). Третья антенна подвешивалась к шару наклонно; ее верхний конец отводился в сторону от аппендикса шара горизонтальной бамбуковой реечкой.

В настоящее время высокочастотные радиозонды в Японии вытесняются кодовыми радиозондами (см. стр. 55).

Радиозонд Германской Демократической Республики. В ГДР применяется радиозонд модели «Фрейбергер» с измерением температуры и влажности временным, а давления простейшим кодовым способом. Схема этого радиозонда представлена на рис. 30 (вверху — передатчик, внизу — механизмы датчиков и шифрующего устройства).

Датчик давления (бароузел) *1* подобен описанным ранее; он при понижении давления создает ступени незначительных, но отчетливо заметных изменений несущей частоты, позволяющих отмечать моменты переходов. Биметаллическая пластинка *2* управляет положением звездчатой стрелки *3*, лучи которой, касаясь кодирующего барабанчика со спиралькой, создают отсчетные сигналы температуры. Сигналы влажности создаются гигромет-

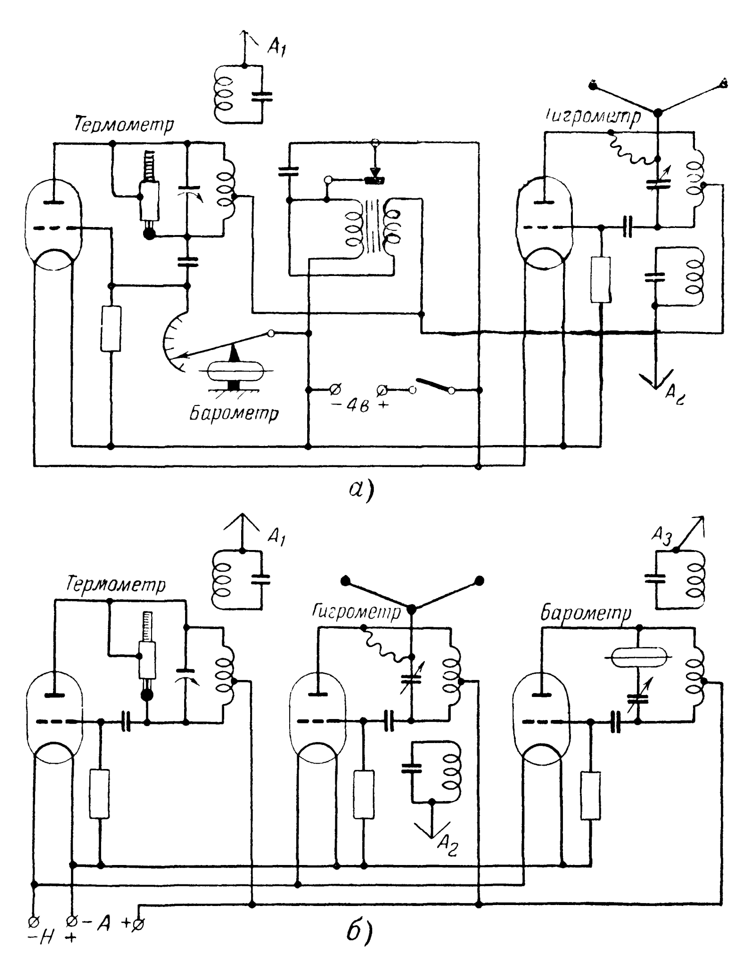


Рис. 29. Схемы передатчиков японских радиозондов.
A_1 — антенны, идущие вверх; A_2 — антенны, свисающие вниз; A_3 — наклонная антенна.

ром *4*, перемещающим отсчетную контактную щетку *5* относительно неподвижной щетки *6* сигнала начальных отсчетов.

Часовой механизм *7* вращает двухступенчатый шифрующий валик *8* со скоростью 2 *об/мин*. Особенностью схемы передатчика этого радиозонда является применение в целях повышения стабильности его действия бареттера *9* в цепи накала.

Индийский временной радиозонд. Временной принцип передачи метеорологических данных по всем трем элементам (температура, давление и влажность) применен также в «индийском I» радиозонде (рис. 31). Его радиочасть и электрическая схема в особых пояснениях не нуждаются.

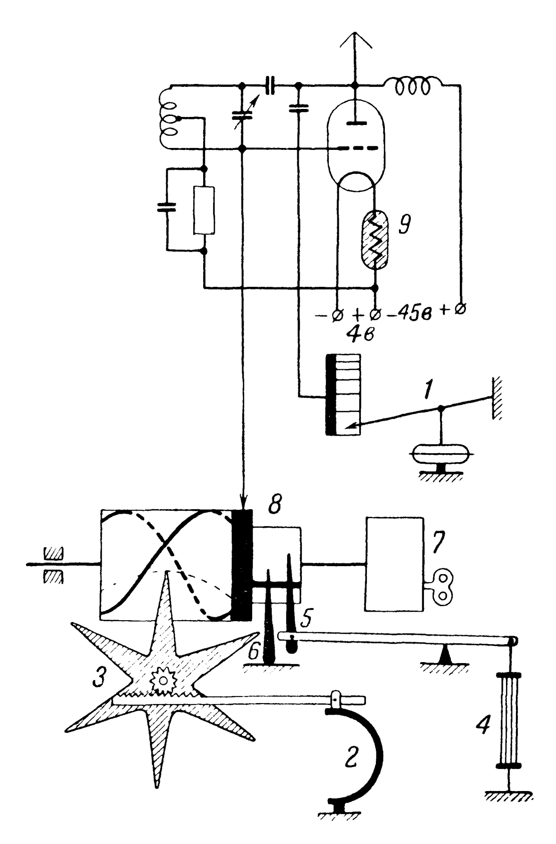


Рис. 30. Схема радиозонда „Фрейбергер" (ГДР).

Измерения влажности производятся методом психрометра, для чего один из двух биметаллических термометров «забинтован» увлажненной гигроскопической тесьмой, конец которой подобно фитилю впитывает воду из специального сосудика. Для вращения шифрующего валика применен пружинный часовой механизм.

В этом радиозонде обращает на себя внимание пре-

дельная простота схемы радиопередатчика, работающего на волне 4 *м*.

Радиозонд Швейцарии. Швейцарский радиозонд (рис. 32) также действует на временном принципе телеизмерений по всем элементам, но передача показаний его датчиков температуры *1*, давления *2*, влажности *3* и подача сдвоенного сигнала начального отсчета *4* производятся с помощью емкостного съемника *5*, равномерно вращаемого часовым механизмом *6*. В моменты противостояний

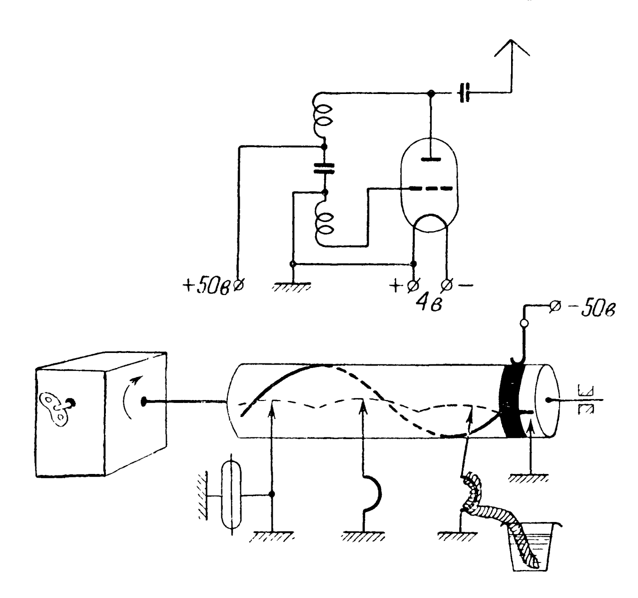


Рис. 31. Схема временного индийского радиозонда.

съемника *5* с лопаточками, имеющимися на концах указателей датчиков, несущая частота заметно изменяет свое значение, и это позволяет производить достаточно точные определения позиций всех указателей относительно начала отсчетов.

Числовые радиозонды Франции и Индии. Радиозонды Франции и «индийский II» действуют с использованием для передачи всех метеоданных числового способа телеизмерений.

В индийском числовом приборе, схематически весьма схожем с временным, вместо пружинного часового механизма применена крыльчатка с редуктором, в одно из

звеньев которого введена контактная числообразующая звездочка.

Французский радиозонд (рис. 33) имеет шифрующий механизм в виде диска с полувитком контактной Архимедовой спирали на его рабочей поверхности, вращаемого через понижающий редуктор миниатюрным электродвигателем. Радиопередатчик выполнен по двухтактной схеме.

Датчики температуры *1*, влажности *2* и давления *3*, касаясь спирали своими указателями, создают сигналы

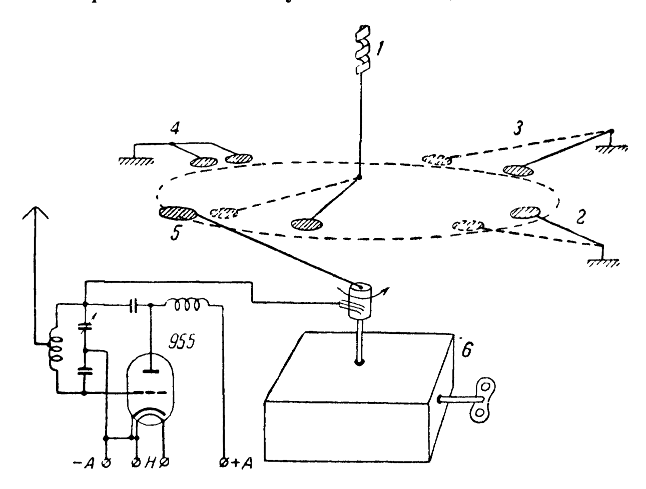


Рис. 32. Схема швейцарского радиозонда Люжона.

отсчетов по каждому элементу. Удлиненный сигнал начала отсчетов обеспечивается постоянной щеткой *4*. В паузах между всеми этими сигналами при помощи контакта *5*, взаимодействующего с «числовой звездочкой», расположенной между звеньями *6* и *7* редуктора, двумя сериями по девять точек за каждый оборот звездочки передаются отсчитываемые числа. Датчиком влажности служит полоска кишечной пленки (подобной той, которая идет для изготовления оболочек колбас). Соответствующим образом обработанная и обезжиренная такая пленка под названием «животная пленка» часто применяется теперь в гигрометрах вместо человеческого волоса.

Радиозонд Федеративной Республики Германии. Радиозонд ФРГ (рис. 34) устроен подобно прибору А-22-III на основе коммутаторного принципа, с кодовым сектором, имеющим на рабочей поверхности 400 бороздок, несущих

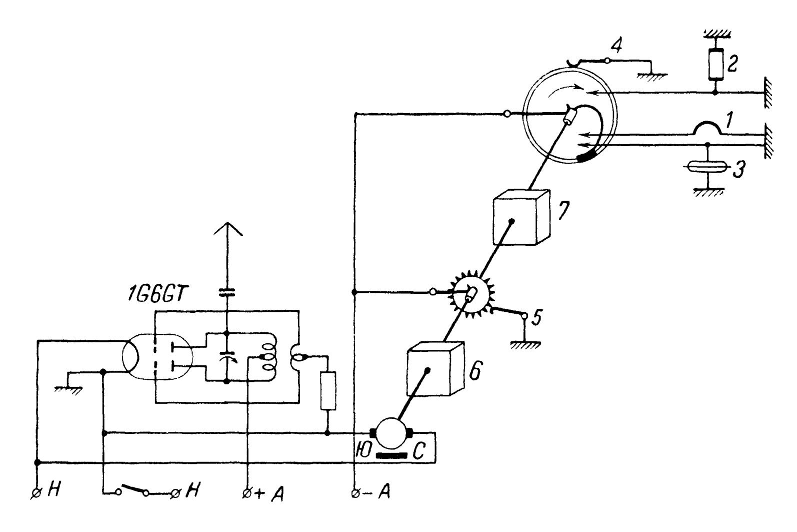


Рис. 33. Схема радиозонда „Метокс“ (Франция).

1 — биметаллический термометр; *2* — пленочный гигрометр; *3* — барометрический узел; *4* — контакт сигналов начала отсчета; *5* — контакт звездочки отсчитываемых импульсов (за 1 *об* 2 серии по 9 импульсов); *6* — понижающий редуктор от электродвигателя к звездочке; *7* — звенья понижающего редуктора от валика звездочки к шифрующему диску.

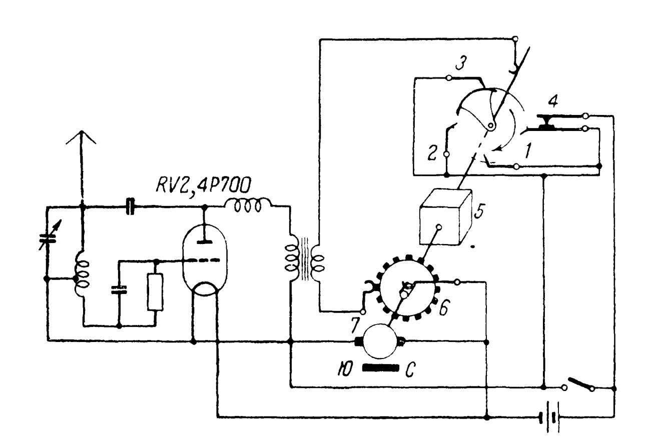


Рис. 34. Схема радиозонда Грава-Шпренгера Н-50 (ФРГ).

1, *2* и *3* — узлы давления, температуры и влажности; *4* — контактная система автоматического выключения кодового сектора в нейтральной позиции; *5* — понижающий редуктор; *6* — прерыватель на оси электродвигателя; *7* — электродвигатель с постоянным магнитом в статоре.

в себе также по две буквы азбуки Морзе каждая. Сочетания знаков во всех сотенных секциях бороздок повторяются. Вращение кодового сектора производится через редуктор миниатюрным электродвигателем, снабженным специальным прерывателем, который совместно с повышающим трансформатором заменяет вибропреобразователь. Высокое напряжение на анод лампы радиопередатчика подается невыпрямленным. Радиопередатчик мощностью 50 *Мвт* работает в диапазоне 90—93 *Мгц*.

В радиозонде имеется контактная группа *4*, предназначенная для автоматической остановки кодового сектора при выключениях прибора лишь только в такой позиции, когда все датчики *1, 2* и *3* свободны. Это необходимо для предотвращения повреждений датчиков и сектора при перевозках и длительном хранении. Действие контактной группы *4* состоит в том, что при выключении прибора электродвигатель продолжает вращать кодовый сектор до его упора в контактную пружину, сопровождающегося прерыванием цепи питания электродвигателя.

Радиозонд заключен в пенопластовый кожух, покрытый снаружи для уменьшения нагревания солнцем алюминиевой фольгой.

Радиозонд Англии. Английский радиозонд (рис. 35) действует с использованием по всем метеорологическим элементам низкочастотного принципа телеизмерений.

В этом радиозонде применено три лампы, из которых одна служит генератором излучаемой частоты, другая модулятором, а третья измерительным генератором, создающим зависящие от показаний биметаллического термометра, анероидного барометра и пленочного гигрометра (все датчики деформационного типа) различные частоты модуляции.

Специальный коммутатор, действующий от крыльчатки, обеспечивает циклическое поочередное подключение катушек переменной индуктивности всех датчиков к измерительному генератору. Изменения индуктивности, связанные с изменениями метеорологических величин, достигаются небольшими перемещениями стальных якорьков относительно пар катушек с разомкнутыми сердечниками, сделанных однотипными у всех датчиков.

Внешний вид радиозонда представлен на рис. 36.

Радиозонд Голландии. В голландском радиозонде, также действующем по низкочастотному принципу, применено пять экономичных радиоламп. Он содержит генера-

тор излучаемой частоты на 28 *Мгц,* мощностью 0,1 *вт* на лампе типа *DL* 41, частотный модулятор-смеситель на лампе *DL* 67 и три отдельных измерительных генератора тоже на лампах *DL* 67, по одному на каждый датчик.

Датчиком температуры служит термистор, включенный в схему *RC* генератора и обеспечивающий при различных температурах от +20 до —70° С генерирование частот от 4 до 8 *кгц.*

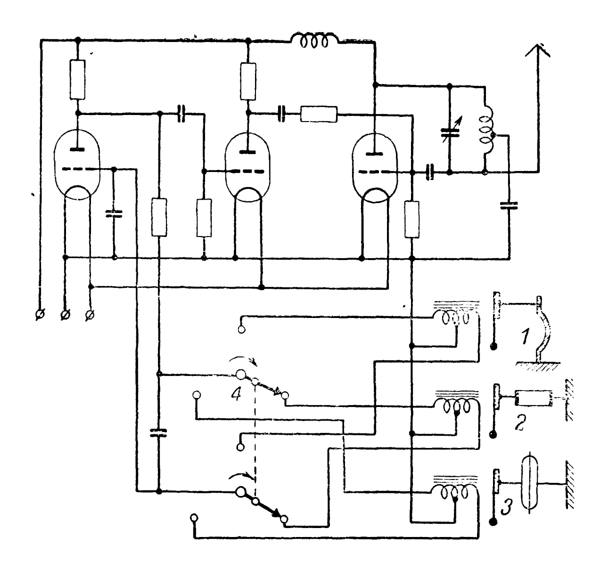


Рис. 35. Схема английского радиозонда.

1, 2 и *3* — индуктивные датчики биметаллического термометра, пленочного гигрометра и анероидного барометра; *4* — сдвоенный трехпозиционный циклический переключатель, приводимый в действие шестичашечной крыльчаткой через понижающий редуктор.

Давление измеряется методом гипсотермометра с помощью другого термистора, помещенного в сосудик с кипящим «фреоном-12». Эта жидкость в открытом сосуде кипит при наземном давлении, имея температуру —30° С, а при разрежениях до 50 *мм рт. ст.* температура кипения понижается до —80° С, что и используется для измерений давления. Точность такого варианта гипсометрического метода пока значительно ниже точности анероидных барометров. Термометр, охлаждаемый фреоном, также включен в схему *RC* генератора, создавая при предельных значениях измеряемого давления в 787 и 52 *мм рт. ст.* часто-

ты от 1 до 3 *кгц* и обеспечивая точность измерений давления у земли до 7,5 *мм рт. ст.*, а на потолке — до 2,5 *мм рт. ст.*

Влажность измеряется индуктивным пленочным датчиком, аналогичным по схеме устройства применяющемуся в английском радиозонде: *LC*-генератор влажности при изменениях этого элемента от 10 до 100% создает частоты модуляции от 12 до 25 *кгц*.

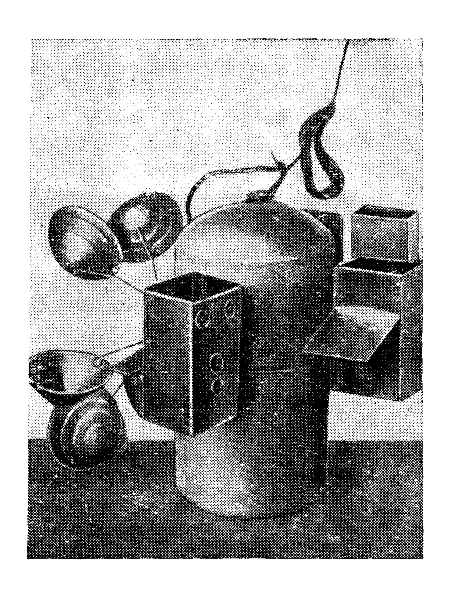


Рис. 36. Внешний вид английского радиозонда.

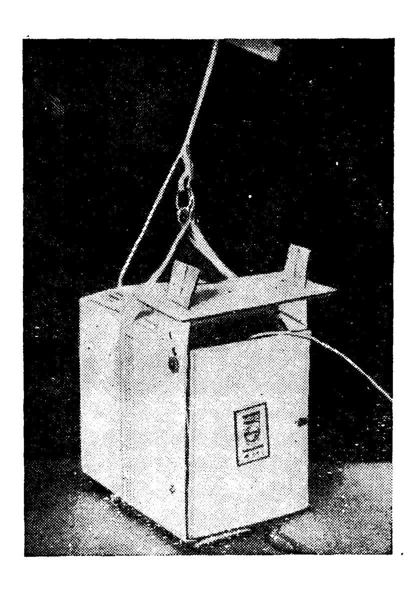


Рис. 37. Внешний вид радиозонда „Филипс" (Голландия).

Все частоты при приеме сложномодулированных колебаний на земле отфильтровываются по трем отдельным каналам и регистрируются соответствующими частотомерами. Радиозонд рассчитан, судя по его описанию, на дальность действия до 500 *км*, хотя из мощности излучающего каскада этого не следует. Вес его составляет 500 *г*. Внешний вид радиозонда приведен на рис. 37.

Японский кодовый радиозонд. Кодовый японский радиозонд, являющийся последней разработкой в этой стране, несколько сходен по устройству с нашим радиозондом А-22-III, но в то же время существенно от него отличается.

Кодовый (вернее — контактный) сектор японского радиозонда сделан наборным. Он состоит из плоских металлических секторных пластин, разделенных тонкими изоляционными прокладками, вследствие чего на рабочей поверхности сектора образуются бороздки, улавливающие при его вращении контактные острия указателей датчиков. Всего таких бороздок 155. На одном валу с сектором насажен кодирующий барабан, состоящий из фигурных шайб

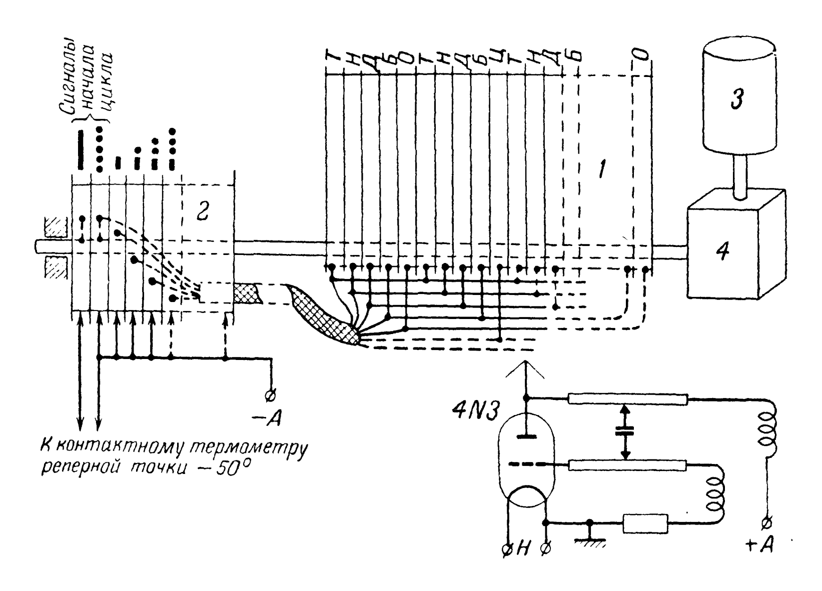


Рис. 38. Схема японского кодового радиозонда.
1 — улавливающая контактная шкала-сектор; *2* — барабан кодирующих шайб; *3* — электродвигатель; *4* — понижающий редуктор.
Справа внизу — схема радиопередатчика на частоту 408 *Мгц*.

с нанесенными по их окружности рельефными знаками Морзе, передача которых обеспечивается металлическими контактными пружинками, похожими на зубья гребенки (рис. 38).

Секторные пластинки по группам соединены между собой и с шайбами таким образом, чтобы при вращении сектора и последовательном скольжении острий по бороздкам от первой до пятой передавались буквы Т, Н, Д, Б, Ц, затем до 15-й — Т, Н, Д, Б, З и так далее группами по 5 букв, причем две смежные группы отличаются друг от друга какой-нибудь буквой.

Нетрудно видеть, что этот принцип кодирования полностью повторяет принцип передачи сигналов температуры в нашем радиозонде РЗ-049 и, таким образом, японский кодовый радиозонд в своей метеорологической части является до некоторой степени «гибридом» наших радиозондов А-22-III и молчановского гребенчатого, но устроен ным гораздо сложнее их вместе взятых.

Новинкой в японском радиозонде является применение двух контрольных контактных ртутного и ртутно-таллиевого термометров, создающих дополнительные сигналы при прохождении прибором слоев воздуха с температурами —30 и —50° С, что способствует увеличению точности измерений температуры основным биметаллическим термометром. Вращение кодового агрегата осуществляется через замедляющий редуктор миниатюрным электродвигателем импульсного типа, анодное напряжение создается вибропреобразователем, основным источником питания служит двухбаночная свинцово-цинковая батарея.

В зависимости от типа наземной аппаратуры радиозонд комплектуется радиопередатчиками трех разновидностей, действующими в импульсном режиме на несущих частотах 402, 408 и 1 680 *Мгц*. Частота следования радиоимпульсов составляет около 150 *кгц*. В последних радиозондах используется радиопередатчик американского образца на американской «карандашной» лампе, причем для питания его применяется магний-хлористо-медная батарея тоже американского производства с тремя напряжениями (1,5, 7 и 100 *в*).

Описанный радиозонд при постепенном его совершенствовании применяется в Японии с 1950 г.

Приборы США. Радиозонды США вот уже более 20 лет изготовляются по одной и той же блок-схеме, представленной на рис. 39, причем одна модель от другой отличается лишь непринципиальными различиями в конструкциях деталей и узлов, формой картонного или пластмассового кожуха, устройством радиопередатчика и источников питания, а также диапазонами рабочих частот.

Давление измеряется бароузлом с анероидными коробками и контактной шкалой особого рисунка, многократно переключающим прибор во время его подъема с измерений температуры на измерения влажности, и наоборот, а также на передачу двух так называемых «реперных» или «опорных» частот. Эти частоты играют роль эталонов

при введении поправок на нестабильность работы измерительного генератора, что определенным образом делается при обработке данных тарировки радиозонда и полученных результатов зондирования.

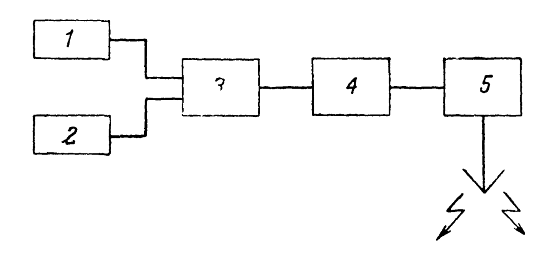


Рис. 39. Блок-схема радиозондов США.

1 — датчик температуры (термистор); 2 — резистивный гигрометр с хлористым литием; 3—барометрический узел (баропереключатель); 4 — модуляторный каскад; 5 — модулируемый генератор несущей частоты с излучателем.

Для измерений температуры применяются термисторы, включаемые в схему *RC*-генератора прерывистых колебаний, являющегося одновременно модулятором. Влажность измеряется с помощью влагочувствительных сопротивлений, изготовляемых на основе использования гигроскопического вещества — хлористого лития.

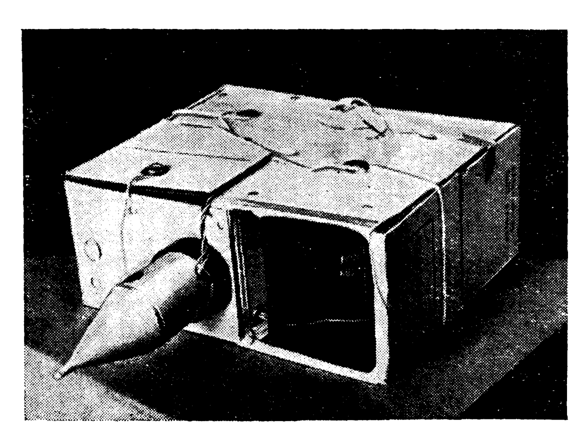


Рис. 40. Внешний вид гражданского радиозонда США.

В американских радиозондах последних моделей излучение тоже сделано импульсным. Оно обеспечивается лампой «карандашного типа IAN 5794, соответствующей нашей отечественной лампе 6С11Д.

Внешний вид гражданского радиозонда США в картонной коробке представлен на рис. 40.

О ДАЛЬНЕЙШЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ МЕТОДА РАДИОЗОНДОВ

Радиозонды и радиозондирование в течение всего времени их применения по своим техническим характеристикам всегда несколько отставали от требований, предъявляемых к ним наукой о погоде, а также практикой народного хозяйства и обороны. Для более полного удовлетворения запросов метеорологов необходимо повысить точности измерений метеорологических величин, избавиться от инерционных и радиационных погрешностей в определениях температуры и влажности воздуха по высотам, увеличить надежность получаемых сведений о ветре свободной атмосферы. Для обеспечения запросов авиации и ракетной техники нужно, чтобы потолок радиозондирования все более и более возрастал, несмотря на то, что состояние атмосферы на высотах, превосходящих 30 *км,* не оказывает уже сколько-нибудь существенного влияния на погодные процессы, ощущаемые нами на земле. В связи с начавшимися полетами ракет в космическом пространстве возникла реальная потребность зондировать атмосферу до неограниченных, а практически до максимально достижимых высот, иногда в шутку определяемых как «высоты до самой Луны».

Однако на пути к такой цели возникают препятствия в виде отсутствия рентабельных подъемных средств для достижения высот порядка 40 *км* и более, возрастающих трудностей в измерениях температуры, давления и влажности чрезвычайно разреженного воздуха на этих высотах и т. д. Здесь о рентабельности упоминается потому, что подъемные средства в виде ракет, например, позволили бы достигать «долунных» высот, но большая стоимость высотных ракет не позволяет ориентироваться на их регулярное применение для целей радиозондирования. Среди помех «сверхвысотному зондированию» можно назвать и неизбежное при подъеме радиозондов на резиновых оболочках, наполненных водородом, увеличение времени одного зондирования, так как делать скорость подъема

прибора большей, чем 300—400 *м/мин* нецелесообразно. поскольку радиозонд в этом случае будет «проскакивать» сквозь тонкие изотермические и инверсионные слои атмосферы, не успевая их обнаружить, т. е. увеличение скорости подъема привело бы к частичной утрате детальности зондирования. Кстати говоря, при скоростях подъема 8—9 *м/сек* на шаре под давлением набегающего сверху встречного потока воздуха образуется «ложка», препятствующая дальнейшему увеличению скорости.

Следует отметить, что в подавляющем большинстве современных радиозондов мира вес источников питания составляет около 50% общего полетного веса всего прибора. В связи с этим целесообразно уменьшить вес радиозонда за счет снижения веса устройств его питания Ранее уже упоминалось о возможности построения радиозонда без батарей, передатчик которого через соответствующее приемно-выпрямительное устройство получал бы питание от облучающей наземной установки.

К этому нужно добавить, что были предложения об устройстве радиозондов не только без батарей, но и без радиопередатчика. Известен, например, прибор, называемый «гелиографом» [1], ранее служивший средством связи в войсках. Главной его частью является зеркало, отражающее солнечные лучи в сторону корреспондента. Сообщения передавались кодом Морзе посылками «зайчиков» разной продолжительности.

Аналогичный принцип «сигнализации даром», т. е. без затраты на образование сигналов собственной энергии передающей стороны, можно осуществить и с помощью радиолокационной аппаратуры, если воспользоваться изменениями отражательной способности облучаемого объекта. Таким объектом может послужить, например, разрезанный пополам полуволновый вибратор, обе половинки которого соединялись бы и разъединялись под действием шифрующего механизма радиозонда. Пульсации отметки отраженного сигнала на экране индикатора радиолокационной станции позволили бы читать получаемую информацию о метеорологических данных. Идея радиозонда без передатчиков пока еще не нашла практического воплощения, но она вполне заслуживает того, чтобы попыт-

---

[1] В метеорологии гелиографом называют прибор, регистрирующий продолжительность солнечного сияния, а в астрономии — аппарат для фотографирования Солнца.

ки ее реализации были совершены, поскольку может быть получен большой выигрыш в весе радиозонда.

Из всего перечисленного следует, что дальнейшее повышение точности измерений метеорологических величин, увеличение «потолка» зондирования при ускоренной выдаче его итоговых результатов и не слишком высокой стоимости выпуска одного радиозонда являются основными ориентирами, которых следует придерживаться в работе по дальнейшему развитию и совершенствованию метода радиозондов. Известные достижения радиоэлектроники позволяют рассчитывать, что расширенное использование их в радиозондировании в состоянии обеспечить необходимый подъем его на более высокую ступень.

Так, вероятнее всего наилучшим термометром будущего первоклассного высотного радиозонда может быть только термистор, причем этот термистор должен быть очень маленьким по размерам, чтобы поглощать как можно меньше солнечного тепла. Он должен использоваться в схеме с минимальными значениями измерительных токов, чтобы эти токи со своей стороны не вызывали его нагревания, искажающего результаты измерений температуры воздуха. Таких схем для радиозондов пока еще нет, но их необходимо разрабатывать.

Известно, что надежность действия и экономичность по питанию при значительно уменьшенных габаритах и весовых данных являются неоценимыми достоинствами полупроводниковых усилительных и генераторных устройств. Лишь молодостью полупроводниковой техники может быть объяснено, что транзисторы пока еще не применяются в радиозондах. Перспективы использования транзисторов позволяют рассчитывать на существенные изменения установившихся для радиозондов «полностью радиолампового» типа весовых стандартов, а особенно соотношения весов радиотехнической и метеорологической частей прибора. Разработка схем такого рода является также весьма благодарной задачей для конструкторов радиозондов.

В схеме самого радиозонда неизбежно применение каких-то коммутирующих либо смесительных устройств, поскольку по одному радиоканалу приходится передавать значения по крайней мере трех метеорологических величин. До последнего времени такие коммутаторы выполнялись в основном в виде механических переключателей, а отдельные попытки осуществления чисто электронных

устройств вовсе без переключаемых цепей (например, в описанном выше голландском радиозонде) нельзя признать удачными из-за большой их сложности при недостаточных точностях измерений. Разработка схем радиозондов с электронными шифрующими устройствами, не имеющими механических контактных систем, является еще одной благодарной проблемой, в решении которой между конструкторами радиозондов и помогающими им радиолюбителями-экспериментаторами должно возникнуть плодотворное соревнование.

Наконец, огромные резервы повышения оперативности метода радиозондов заключены в применении для приема и обработки данных зондирования быстродействующих электронных счетно-решающих устройств.

Сигналы радиозонда должны быть приняты, зарегистрированы, затем их нужно сопоставить с тарировочными данными, ввести в результаты такой обработки необходимые поправки (хотя бы по данным выдержки прибора у земли перед выпуском) и затем уже строить разрез атмосферы и составлять телеграмму, передаваемую далее в Центральный институт прогнозов.

Все это до самого последнего времени проделывается людьми с большими затратами времени и труда, иногда с промахами и опозданиями. Конечно, возложить эту однообразную работу на электронные счетно-решающие устройства, которые выполняли бы ее в несколько раз быстрее и без ошибок, — одна из первоочередных задач дальнейшего совершенствования метода радиозондов.

Радиозонды во всем мире давно уже выросли в большой отряд точных измерительных приборов особой категории, совершенствование которых должно происходить на основе использования высших достижений современных науки и техники. Бурный прогресс в развитии радиоэлектроники создает для этого небывало широкие возможности, заманчивые и для ученых специалистов и для радиолюбителей с их пытливым умом, свежими идеями и неутомимой деятельностью, всюду, где радиотехника и радиоэлектроника переплетаются с механикой, где расчеты и эксперименты нередко приводят к тому, что хорошие и полезные вещи делаются еще полезнее и еще лучше.

СОДЕРЖАНИЕ

К ЧИТАТЕЛЯМ

Ежегодно редакция Массовой радиобиблиотеки выпускает ряд книг и брошюр для подготовленных радиолюбителей по вопросам новой техники.

В текущем году, кроме данной брошюры, выпущены следующие издания:

Белоцерковский Г. В., Миллиметровые волны; Журавлев А. А. и Мазель К. Б., Преобразователи постоянного напряжения на транзисторах; Зиньковский А. И., Клистрон; Зиньковский А. И., Лампы бегущей и обратной волны; Коллектив авторов: Радиоэлектронные приборы в народное хозяйство; Крайзмер Л. П., Запоминающие устройства; Левитин И. Б., Техника инфракрасных излучений; Сонин Е. К., Электронные приборы для фотопечати; Степанов Г. В., Вторичная эмиссия в электронных приборах. Хитун В. А., Счетчики и счетные устройства ядерного излучения; Чечик П. О., Новые источники питания радиоаппаратуры; Ванеев В. И. и Сонин Е. К., Электронные импульсные лампы (выйдет в ближайшее время).

На 1960 г. по этой тематике запланировано девять выпусков Массовой радиобиблиотеки:

Богатов Г. Б., Электролюминесценция и возможности ее применения; Веденеев Г. М. и Вершин В. М., Кремниевые стабилитроны; Глиберман А. Я., Зайцева А. К. и Ландсман А. П., Солнечные батареи; Изюмова Т. И. и Свиридов В. Г., Волноводы и их применение; Липкин В. М., Декатроны и их применение; Мартынов Е. М., Бесконтактные переключающиеся устройства (издание второе, переработанное); Мартынов Е. М., Электронные устройства дискретного действия; Михлин Б. З., Радиотехнические датчики и их применение; Окунев Ю. Т. и Савельев Г. А., Нелинейные полупроводниковые сопротивления и их применение.

Приступая к составлению перспективного плана, редакция приглашает наших читателей принять участие в этой работе.

Предлагайте темы для книг и брошюр по новой технике, высказывайте пожелания о том, какие брошюры Массовой радиобиблиотеки следует переиздать, шлите свои замечания и отзывы о вышедших книгах.

Наш адрес: Москва, Ж-114, Шлюзовая набережная, 10, Госэнергоиздат. Редакция Массовой радиобиблиотеки

Цена 1 р. 40 к.